



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO, AMBIENTE, SAÚDE E PRODUÇÃO
ALIMENTÍCIA
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

FRANCIELLY LOPES DA SILVA

Análise da qualidade da água utilizada para consumo do povoado
Alegria, em Teresina-PI

Teresina-PI

2019

FRANCIELLY LOPES DA SILVA

Análise da qualidade da água utilizada para consumo do povoado
Alegria, em Teresina-PI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus Teresina central.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Érico Rodrigues Gomes

Coorientador: Prof^o. Dr^o. Mauro César de Brito

Sousa

Teresina-PI

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico – IFPI
Biblioteca Dr. Francisco Montojos

Silva, Francielly Lopes

Análise da qualidade da água utilizada para consumo do povoado Alegria em Teresina-PI. /
Francielly Lopes Silva. – Teresina: IFPI, 2019.
77 f.: il..

Inclui bibliografia.

1. Água subterrânea. 2. Qualidade da água. 3. Povoado Alegria. 4. Teresina – PI. I. Título.

CDD 363.7

CDD 628

JOSÉ EDIMAR LOPES DE SOUSA JÚNIO

Maria Rosismar Farias Costa – CRB3/631

FRANCIELLY LOPES DA SILVA

Análise da qualidade da água utilizada para consumo do povoado
Alegria, em Teresina-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Tecnologia de Gestão Ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí Campus Teresina Central.

Aprovada em: 18/02/2019

BANCA EXAMINADORA

assinatura no original

Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

assinatura no original

Prof. Dr. Mauro César de Brito Sousa (Coorientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

assinatura no original

Prof. Dr. Paulo Borges da Cunha
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

assinatura no original

Prof^a. Dr^a. Divamelia de Oliveira Bezerra Gomes
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

*Aos pais, amigos,
professores e todos os demais familiares.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele não estaria aqui e não conseguiria vencer mais esta batalha;

Agradeço a toda minha família, principalmente meus pais que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos e a nunca desistir em meio as dificuldades;

Agradeço também ao meu namorado que apesar das dificuldades sempre me ajudava quando precisava;

Agradeço aos meus amigos, que sempre me ajudaram, apoiaram e me encorajavam a não desistir;

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha formação, em especial aos meus orientadores que me auxiliavam quando precisava;

Agradeço aos técnicos de laboratórios do IFPI Teresina central e IFPI Teresina zona sul que me auxiliaram nas análises de água;

Por fim, agradeço a todos que direto ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

*Mil poderão cair ao seu lado;
dez mil, à sua direita,
mas nada o atingirá.*

Salmo 91:7

RESUMO

Água em quantidade e qualidade é direito de todos, no entanto é muito comum análises que comprovem a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agentes contaminantes provenientes de fontes antrópicas, que em contato com o corpo hídrico, degradam e contaminam a água. Esta pesquisa teve por objetivo analisar a qualidade da água do aquífero utilizado para consumo humano e animal no povoado Alegria zona rural sul de Teresina-PI, que após aferição dos resultados constatou-se a presença de bactérias *Escherichia coli* provenientes da disposição irregular de efluentes domésticos inadequadamente despejados em poços desativados e por fossas do tipo sumidouro. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas da água do aquífero, que possibilitaram a classificação do corpo hídrico de acordo com a resolução CONAMA nº 396/08, bem como sua qualidade para abastecimento humano segundo a PRC nº5/2017 do Ministério da Saúde. Os parâmetros analisados foram: nitrato, turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, pH e verificação da presença da bactéria *Escherichia coli*. Para isso, foi realizado um levantamento da existência de poços na região, com aplicação de questionários aos proprietários de cada residência, afim de identificar os poços ativos, desativados ou utilizados inadequadamente como receptores de efluentes domésticos, e georreferencia-los para a elaboração de mapas. Todos os parâmetros físico-químicos estão dentro dos padrões exigidos pela PRC nº 5/2017, exceto os valores de turbidez, no entanto todas as amostras dos poços cacimbões foram comprovadas a presença de bactérias *Escherichia coli* exceto na água do poço tubular central que abastece todo o povoado, que está dentro dos padrões exigidos para consumo humano determinados pela legislação vigente.

PALAVRAS - CHAVE: Água subterrânea; Qualidade da água; Povoado Alegria; Teresina-PI.

ABSTRACT

Water in quantity and quality is a right for all, however, it is very common to analyze the contamination of surface and groundwater by contaminants from anthropic sources, which in contact with the water body, degrade and contaminate the water. The objective of this research was to analyze the water quality from the aquifer used for human and animal consumption in the village of Alegria rural area of Teresina-PI, which verified the presence of *Escherichia coli* bacteria from the irregular disposal of domestic effluents inadequately dumped in deactivated wells and by sinkhole type cesspits. Physical-chemical and microbiological analyzes of aquifer water were carried out, which enabled the classification of the water body in accordance with CONAMA Resolution 396/08, as well as its quality for human supply according to PRC No. 5/2017 of the Ministry of Health. The parameters analyzed were: nitrate, turbidity, total dissolved solids, electrical conductivity, pH and presence of *Escherichia coli* bacteria. For this, a survey of the existence of wells was carried out in the region, with questionnaires applied to the owners of each dwelling, in order to identify the active wells, deactivated or inadequately used as domestic effluent receptors, and georeferenced them for mapping. All physico-chemical parameters are within the standards required by PRC No. 5/2017, except turbidity values, however all samples from wells were tested for the presence of *Escherichia coli* bacteria except in the water from the central tubular well that supplies all the town, which is within the standards required for human consumption determined by current legislation.

KEY WORDS: Groundwater; Water quality; Alegria Village; Teresina-PI.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do Povoado Alegria, zona rural sul de Teresina-PI	26
Figura 2 - Mapa de delimitação da área de estudo no povoado Alegria	28
Figura 3 - Pesagem dos cadinhos para a determinação dos STD das amostras	30
Figura 4 - Fotografia do Turbidímetro de Bancada	31
Figura 5 - Método dos Tubos Múltiplos	32
Figura 6 - Fotografia do Espectrofotômetro utilizado para a análise de Nitrato	33
Figura 7 - Fotografia do Condutivímetro de Bancada	33
Figura 8 - Fotografia do pHmetro de Bancada	34
Figura 9 - Fotografia do poço cacimbão da amostra 1	35
Figura 10 - Fotografia do poço cacimbão da amostra 2	36
Figura 11 - Fotografia do poço cacimbão da amostra 3	36
Figura 12 - Fotografia do poço cacimbão da amostra 4	37
Figura 13 - Fotografia da torneira usada para coletar a amostra da rede de distribuição do poço tubular da Alegria	37
Figura 14 - Mapa de localização dos Pontos de Coleta	39
Figura 15 - Fotografia dos materiais utilizados nas coletas das amostras	40
Figura 16 - Coleta das amostras de água	41
Figura 17 - Gráfico da situação dos poços encontrados no povoado Alegria	43
Figura 18 - Mapa de localização de todos os poços encontrados na área em estudo	44
Figura 19 - Mapa de localização dos poços cadastrados pelo órgão X	46
Figura 20 - Gráfico da chuva acumulada no ano de 2018	47
Figura 21 - Mapa dos poços usados como receptores de efluentes sanitários no povoado Alegria	52

Figura 22 - Mapa dos poços Desativados/ soterrados encontrados no povoado Alegria	54
Figura 23 - Fotografia do poço coberto por sacos, madeiras e restos de ferro enferrujado	55
Figura 24 - Fotografia do poço coberto por lona e pedaços de madeira	56
Figura 25 - Fotografia do poço coberto com alguns pedaços de madeira	56
Figura 26 - Fotografia de um poço abandonado sem nenhum tipo de proteção	57
Figura 27 - Fotografia de um poço vedado com tampa de concreto armado	58
Figura 28 - Fotografia de um poço usado como parte da decoração do ambiente	59
Figura 29 - Mapa de localização dos poços ativos encontrados na área em estudo	60
Figura 30 - Fotografia da casa feita de lona como cobertura do poço	61
Figura 31 - Fotografia da casa de proteção do poço feita de madeira e telhas	62
Figura 32 - Bomba de captação do poço tubular central da Alegria	63
Figura 33 - Fotografia do dosador de cloro	64
Figura 34 - Fotografia do reservatório de distribuição da água do poço tubular central da Alegria	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de identificação e coordenadas planas de cada ponto de coleta	38
Tabela 2 - Tabela de resultados das análises físico-químicas	48
Tabela 3 - Resultado das análises de tubos múltiplos para a determinação da presença de <i>E.Coli</i> na água	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
C.E	Condutividade Elétrica
CONAMA	Conselho nacional do Meio Ambiente
<i>E.Coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
SEMPPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UBS	Unidade Básica de Saúde
VMP	Valor Máximo Permitido
NMP	Número mais Provável
DP	Desvio Padrão
T	Turbidez
NO ₃	Nitrato
PRC	Portaria de Consolidação
PVC	Policloreto de Vinila
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
NTU	Unidade de turbidez nefelométrica
uT	Unidade de Turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REFERENCIAL TEORICO	18
3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: TIPOS DE AQUÍFEROS E POÇOS	18
3.2 QUALIDADE E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	19
3.3 PRINCIPAIS CAUSAS DA CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS	21
3.4 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	22
4. METODOLOGIA	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE CADA PARÂMETRO	30
4.4 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	35
4.5 MATERIAIS DE COLETA DAS AMOSTRAS	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE A: Roteiro de Entrevista	71
APÊNDICE B: Termo de Aceite.....	73
APÊNDICE C: Roteiro de Observação de Campo.....	74
ANEXO 1: Declaração da SEMAR.....	75
ANEXO 2: Banco de dados do Órgão X de alguns poços cadastrados no povoado Alegria..	76
ANEXO 3: Documento referente ao poço tubular da Alegria.....	77

1. INTRODUÇÃO

Em função do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e das mudanças nos padrões de consumo, entre outros fatores, a demanda pelo uso da água aumenta em escala mundial. Considerando-se o uso de águas subterrâneas, apenas ela atingiu 800 km³/ano em todo planeta no ano de 2010, sendo utilizada principalmente na agricultura (UNESCO, 2018).

Atualmente sabe-se que vários fatores podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, dentre eles pode-se citar, o destino final de esgotos domésticos e industriais, que em muitos casos são dispostos diretamente no solo ou no corpo hídrico sem nenhum tratamento prévio; a disposição inadequada de resíduos sólidos; vazamentos em postos de combustíveis; produtos químicos utilizados na agricultura; entre outros que representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por microrganismos, substâncias orgânicas e inorgânicas, que além de contaminar essa importante reserva de água doce pode provocar a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

A utilização racional e a preservação desses mananciais subterrâneos, primordiais como reservatórios e como fornecedores de água doce, muitas vezes potável, sem necessidade de tratamento prévio para consumo humano, tem padecido da falta de controle e da fiscalização por parte dos órgãos governamentais legalmente constituídos, permitindo que empresas perfuradoras de poços atuem clandestina e impunemente, ou até mesmo os próprios proprietários de terras perfurem ou escavem seus poços, sem nenhuma instrução técnica, podendo assim, facilitar a contaminação do aquífero por agentes externos deixando-os impróprios para consumo humano (ABAS, 2018).

No povoado Alegria, zona rural de Teresina, Piauí, não é diferente, pois constatou-se por meio de observações na região e conversas informais com os moradores que muitos poços foram perfurados ou escavados sem nenhuma instrução técnica para abastecimento próprio. E, posteriormente, com a implantação de uma rede de abastecimento proveniente de um único poço tubular, alguns passaram a ser utilizados como fossas sépticas residenciais, tornando-se uma importante fonte de contaminação do aquífero utilizado para abastecimento do povoado.

O povoado Alegria, como em muitos povoados da zona rural de Teresina, não possui infraestrutura de saneamento adequada com rede coletora de esgotos, o que leva os moradores a lançarem seus efluentes nas sarjetas e/ou em fossas sépticas desprovidas do projeto adequado de instalação e funcionamento.

No passado, as casas do povoado Alegria não possuíam sistema de abastecimento de água, obrigando seus moradores a perfurarem poços para captar água do lençol freático. Assim, passou a existir uma rede de casas com poços do tipo cacimbão, donde retiravam a água utilizada para os afazeres domésticos, alimentação, consumo, higiene pessoal, irrigação e dessedentação animal.

Por volta de 1998, foi criado um sistema de abastecimento de água, através de um poço tubular central, onde este captava a água do aquífero e enviava para um reservatório, que por sua vez distribuía água para todas as casas do povoado. A partir do momento que se passou a receber água encanada, muitos poços cacimbões foram desativados e transformados em pontos de disposição dos efluentes sanitários pelos seus moradores, sem qualquer tipo de tratamento prévio e adequado para o esgoto gerado.

Sob esta perspectiva, existe, portanto, uma enorme chance de contaminação do aquífero local por microrganismos e substâncias orgânicas e inorgânicas oriundas dos efluentes não tratados dispostos irregularmente e inadequadamente nos poços desativados. Esta ação impacta diretamente a qualidade do manancial que ainda serve como fonte de abastecimento local, com possibilidade real de impacto na saúde da população.

O objetivo principal desta pesquisa é a análise da qualidade da água desse aquífero, por meio de indicadores microbiológicos e físico-químicos, com o intuito de comprovar sua possível contaminação por efluentes domésticos, provenientes de fossas inadequadamente instaladas e as possíveis doenças causadas por sua ingestão nos moradores da área em estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade da água subterrânea utilizada para consumo no povoado Alegria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar, quantificar, caracterizar e georreferenciar os poços que estão ativos, desativados ou são utilizados como sumidouros de efluentes domésticos não tratados no povoado Alegria;

Verificar se há contaminação da água subterrânea por coliformes do tipo *Escherichia coli* provenientes da disposição irregular de efluente domésticos;

Classificar e averiguar se a água subterrânea usada no povoado Alegria está própria para consumo humano;

Investigar se os poços do povoado Alegria estão devidamente licenciados;

3. REFERENCIAL TEORICO

3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: TIPOS DE AQUÍFEROS E POÇOS

Segundo a resolução do Conselho nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396 de 2008, aquífero são corpos hidrogeológicos com capacidades de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos. Para Júnior e Caetano (2010), aquífero é uma “formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais”.

Os aquíferos podem ser divididos em: aquífero livre, também chamado de freático ou não confinado; aquífero confinado ou sob pressão, que são divididos em aquíferos confinados não drenante e confinado drenante; e aquíferos suspensos. Segundo Júnior e Caetano (2010), aquífero freático é “aquele cujo limite superior é a superfície de saturação ou freático na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica”. Já para a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2014a), “aquífero freático é o lençol situado acima de uma camada impermeável de solo, submetido à pressão atmosférica, normalmente de menor profundidade e menor custo de escavação”.

Aquífero confinado é aquele onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica, e em função das camadas limítrofes pode ser confinado não drenante em que as camadas limítrofes, inferior e superior, são impermeáveis, e aquífero confinado drenante em que pelo menos uma das camadas limítrofes é semipermeável, permitindo a entrada ou saída de fluxos. Já o aquífero suspenso é um caso especial de aquífero livre, que é formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável que nem armazena nem transmite água (JÚNIOR E CAETANO, 2010).

Existem outras formações geológicas relacionadas aos aquíferos, denominadas aquíclude e aquítarde. Para Júnior e Caetano (2010), aquíclude é uma “formação em que as possibilidades de se encontrar água é grande, mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais”, e aquítarde é uma “camada de formação semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior”.

A disponibilidade hídrica subterrânea e a produtividade de poços são geralmente os principais fatores determinantes na exploração dos aquíferos. As águas de poços vêm sendo

utilizada para diversos fins, como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer (ZOBY, 2008)

Para Vasconcelos (2014) poço é “um sistema geralmente vertical, feito pelo homem, que tem ação em subsuperfície, usado para a captação, recarga ou observação das águas subterrâneas através de mecanismos artificiais ou naturais”. Segundo Rigobelo et al (2009), “no meio rural, as principais fontes de abastecimento de água são os poços rasos e nascentes, fontes bastante susceptíveis à contaminação”.

Os poços rasos são considerados também poços escavados, pois para Vasconcelos (2014), os poços escavados são caracterizados por possuírem, geralmente, diâmetro superior a 0,5 metro, com profundidades variando de um metro a dezenas de metros, sendo classificados de acordo com o diâmetro e seu revestimento em: Cacimba, poço com diâmetro superior a 0,5 m e que não possui revestimento em sua parede; Cacimbão, poço com diâmetro superior a 1,0 m e inferior a 5,0 m, e que possui um revestimento parcial ou total em sua parede; e poço escavado do tipo Amazonas, poço com diâmetro superior a 5,0 m e que possui revestimento parcial ou total em sua parede.

Já os poços tubulares, possuem um revestimento tubular, geralmente de Policloreto de Vinila (PVC) com diâmetro inferior a 1,0 metro. Podem ser classificados como poço tubular Freático, poço que capta água de aquíferos livres; e poços Artesianos que captam água de aquíferos confinados, podendo ser dividido em Artesiano não jorrante e jorrante, segundo o nível potenciométrico em relação à superfície topográfica (VASCONCELOS, 2014).

3.2 QUALIDADE E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo a Portaria de Consolidação (PRC) nº 5 de 2017 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, “a água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água” (BRASIL, 2017). Pois a água utilizada para consumo humano é um bem essencial que garante saúde e qualidade de vida à população, quando distribuída em quantidade e qualidade suficiente que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente (VIGIAGUA, 2018).

Um dos instrumentos da Lei Nº 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, é o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da mesma (BRASIL, 1997). Devido a isso a Resolução CONAMA 396 de 2008, em seu artigo terceiro, consta que as águas subterrâneas são classificadas em (BRASIL, 2008):

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

No artigo 12, parágrafo único, desta mesma resolução impõem que “Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes” como critério para o enquadramento das águas subterrâneas em classes (BRASIL, 2008).

3.3 PRINCIPAIS CAUSAS DA CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS

Segundo Coelho e Duarte (2008), os efluentes domésticos, quando infiltrados no solo, depuram-se naturalmente contribuindo assim para a recarga do aquífero, entretanto, devido ao alto risco de contaminação das águas subterrâneas é necessário um controle rigoroso desses sistemas, evitando-se problemas ambientais e risco a saúde pública. Todavia, uma vez que a zona de recarga abrange praticamente toda a extensão do lençol, consequentemente aumenta a possibilidade de contaminação por fossas, postos de gasolina e outras fontes de poluição difusa (FUNASA, 2014a).

Na maioria das moradias ou edifícios existem a geração de esgotos sanitários, gerando efluentes que devem ser encaminhados ao sistema de coleta e tratamento adequado. Esses efluentes necessitam de um determinado tipo de tratamento, sendo um deles denominado de sistema de fossa séptica, o qual é utilizado quando os dejetos são conduzidos por meio de instalações hidráulicas de esgoto para tratamento antes de sua disposição final, onde o tanque séptico tem a função de armazenar o esgoto até que aconteça a decantação do lodo e a ação das bactérias digestoras (BACKES, 2016).

A crescente utilização de águas subterrâneas, acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, sendo mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas (ZOBY, 2008). Os poços devem ter uma distância mínima de 15 metros de fossas seca, sumidouro (poço absorvente) e 45 metros de qualquer outra fonte de contaminação, como lixões, galeria de infiltração, currais, chiqueiros, entre outros (FUNASA, 2014b).

Para Colvara et al (2009);

A presença de microrganismos patogênicos na água, na maioria das vezes, é decorrente da poluição por fezes de humanos e de animais, [...] desse modo, a presença desses microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal, principalmente originária do homem e de animais de sangue quente (COLVARA et al, 2009. p. 12)

A Lei nº 5.165 de 2000, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Piauí, visa instituir planos de recursos hídricos com a ação de programas de gestão de águas subterrâneas, compreendendo a pesquisa, o planejamento, o mapeamento da vulnerabilidade à poluição, a delimitação de áreas destinadas à sua proteção e monitoramento, afim de garantir uma melhor qualidade do recurso subterrâneo no estado (PIAUI, 2000).

3.4 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

As atividades antrópicas que alteram o meio ambiente, junto com a ausência ou saneamento inadequado, podem levar ao aumento da incidência de doenças e à redução da expectativa e da qualidade de vida da população humana (MOURA et al, 2010). Segundo Cesa e Duarte (2010), a forma como o ambiente vem sendo utilizado pelo homem, tem levado à degradação dos ecossistemas e o agravamento das condições de vida das populações, deixando-as expostas a riscos de saúde.

A água é um dos recursos mais importantes do meio ambiente, essencial à manutenção da vida e primordial para o ciclo hidrológico, e dependendo do uso que se faz deste importante recurso pode-se produzir consequências indesejáveis ao ambiente como um todo (CESA; DUARTE, 2010). A falta de saneamento representa um risco de contaminação das águas subterrâneas pela infiltração por fossas negras, pelo vazamento de redes de esgoto, entre outras fontes (ZOBY, 2008), que acabam por contaminar a água, possibilitando assim a manifestação de doenças provenientes de veiculação hídrica.

As doenças de veiculação hídrica são causadas por bactérias, vírus, protozoários, helmintos e outros micro-organismos patogênicos, sendo um dos problemas de saúde pública mais comum nos países em desenvolvimento. Essas doenças são transmitidas principalmente por meio de excretas oriundas do homem ou animal, introduzidas nos corpos hídricos, tornando-os impróprios para o consumo humano, e uma fonte de transmissão de doenças podendo ocorrer de forma direta ou indireta, como na ingestão direta da água, no preparo dos alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na indústria e lazer (FUNASA, 2014a).

Segundo a Funasa (2014a);

Os principais micro-organismos presentes na água contaminada são *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*, e são responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas – como a febre tifoide – que constituem grave risco para a saúde humana [...] Outro tipo de contaminação relacionado com a água refere-se à presença de protozoários e helmintos causadores de infecções parasitárias no homem. Dentre as infecções causadas por protozoários podem ser citadas a amebíase (*Entamoeba histolytica*), giardíase (*Giardia lamblia*) e a balantidíase (*Balantidium coli*). (FUNASA, 2014a, p.41).

Segundo Jordão e Pessôa (2014), as doenças relacionadas ao uso da água podem ser classificadas em dois grandes grupos, doenças de contato direto: quando a água é ingerida diretamente; e doenças de contato indireto: onde a água é empregada na limpeza dos alimentos.

As principais doenças relacionadas a veiculação hídrica, por via oral, são a febre tifoide, febre paratifoide, cólera, desintéria bacilar, desintéria amebiana, hepatite infecciosa e poliomielite; além das doenças de veiculação hídrica contraídas de modo direto através do seu consumo, também tem as doenças contraídas de modo indireto, como a malária, febre amarela, dengue, encefalite, e outras (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Teresina localiza-se na porção centro-norte do estado do Piauí, ocupando de 1.392,0 Km² e uma população residente de 814.230 habitantes, dos quais 767.557 (94,3% da população) encontram-se na área urbana e 46.673 (5,7% da população) na zona rural do município, compondo os 29,8 milhões de pessoas que vivem em áreas rurais em todo o Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

Segundo Lima (2011) o município de Teresina;

É banhado pelo rio Parnaíba em toda sua extensão Norte-Sul, num percurso de 83,408 Km formando o limite oeste com o Maranhão, sendo o trecho da área urbana de 26,311 Km de extensão. O rio Poti, seu maior afluente neste município, apresenta um extensão de 55,48 Km, estando 24,48 Km na área urbana (LIMA, 2011, pag.1).

A Alegria é um pequeno povoado localizado na zona rural do município de Teresina, com população atual de aproximadamente 1.065 habitantes, segundo levantamento de dados dos agentes de saúde da Unidade Básica de Saúde (UBS) Elon Constantino de Aguiar, responsáveis pelo atendimento da região (Informação verbal).¹

Segundo a Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPPLAN, 2008), a Alegria fica há 14,5 km de distância do centro de Teresina e há 7,1 Km da Rodoviária Lucídio Portela. O povoado está compreendido entre as coordenadas UTM, zona xy, (750.666 E; 9.431.994 S); e (751.948 E; 9.430.999 S), localizado na região sul da cidade, próximo ao bairro Parque Sul, zona urbana de Teresina. A Alegria fica entre as comunidades Incetel e Torrões, ambas na zona rural.

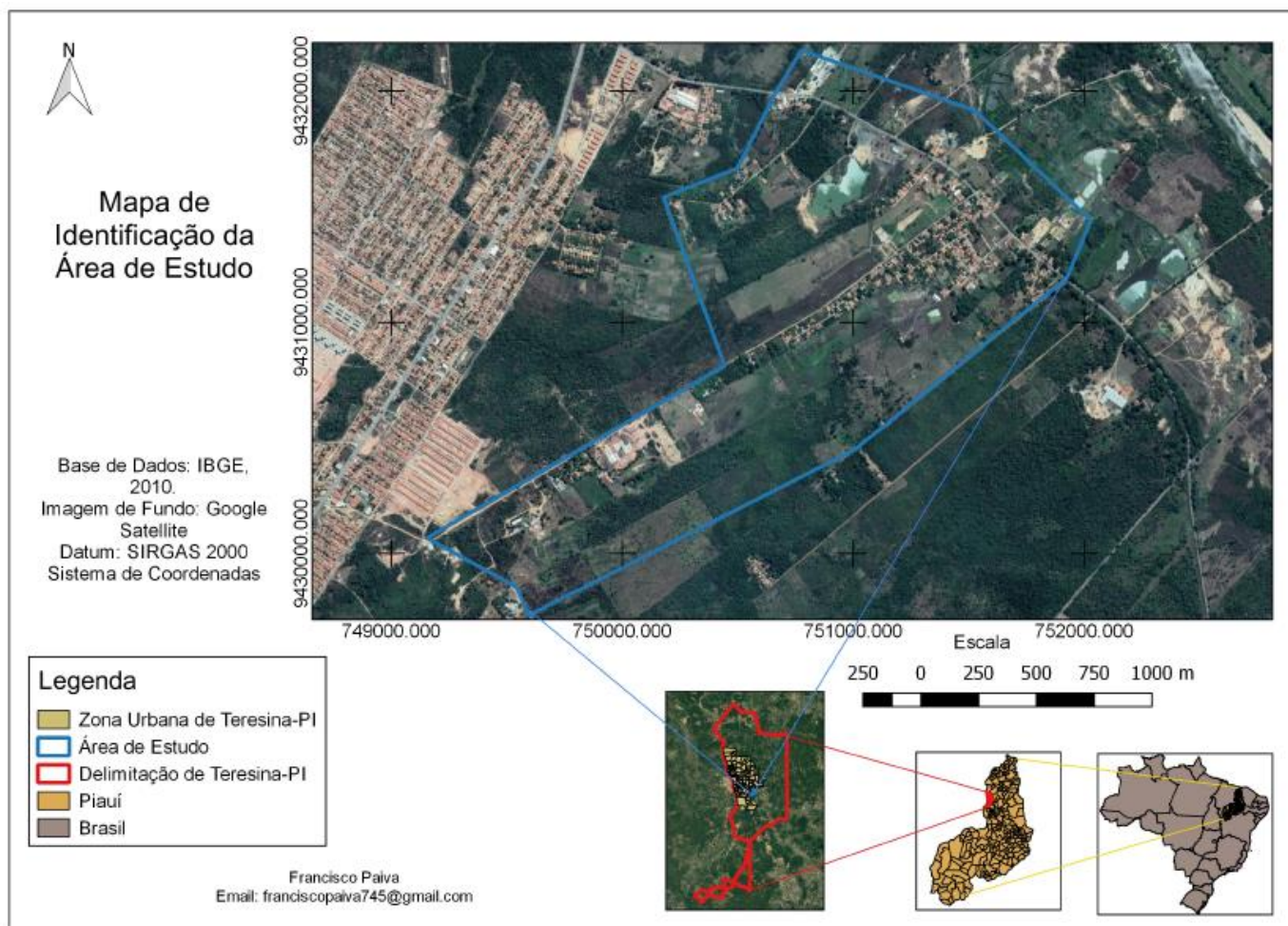
O povoado Alegria apesar de ser considerado zona rural, a agricultura não é a atividade econômica predominante. No entanto, muitos moradores da região são membros beneficiados do projeto Casulo, que teve como incentivo a migração para o mais novo Assentamento denominado Alegria, localizado próximo ao povoado. O Projeto Casulo é um projeto do Governo Federal desenvolvido pela Prefeitura de Teresina através da Superintendência de

¹ Informação adquirida por meio de conversa informal com agentes de saúde da UBS do povoado Alegria, 2018.

Desenvolvimento Rural (SDR) em parceria com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra); tendo como objetivo manter o homem no campo, por meio da geração de emprego, renda e fornecimento de terras para assentamentos. São 40 famílias beneficiadas, desde a implantação do projeto em 11 de maio de 1998 (INCRA, 2017).

As atividades socioeconômicas desenvolvidas na região vão desde a presença de grandes fábricas de asfalto, pré-moldados e cerâmicas; dragas de areia (extração do rio Poti) e lavadores de seixos, bem como pequenos comércios, bares e restaurantes. O povoado também é composto por duas escolas da rede pública: Escola Municipal João Paulo I e a Escola Estadual João Adroaldo Pires Soares, ambas funcionando no mesmo prédio. Possui também uma associação de moradores que representa o povoado perante os órgãos públicos e uma UBS que abrange as localidades do Recanto dos Pássaros, Povoado Torrões, Povoado Humaitá, Povoado Cantinho Sul, Povoado Alegria, comunidade Incetel, Assentamento Alegria e todas as ruas da região, segundo dados da Prefeitura de Teresina (TERESINA, 2016). A figura 1 abaixo demonstra o mapa de localização do povoado Alegria.

Figura 1: Mapa de localização do Povoado Alegria, zona rural sul de Teresina-PI



Fonte: IBGE, adaptado por Francisco das Chagas Paiva Silva, 2018.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Características da Pesquisa

A pesquisa em questão é de natureza aplicada, pois visa estabelecer conhecimento para aplicações práticas com o objetivo de identificar as possíveis causas da contaminação do aquífero que abastece o povoado Alegria, bem como propor medidas que venham a mitigar e/ou solucionar o problema em questão.

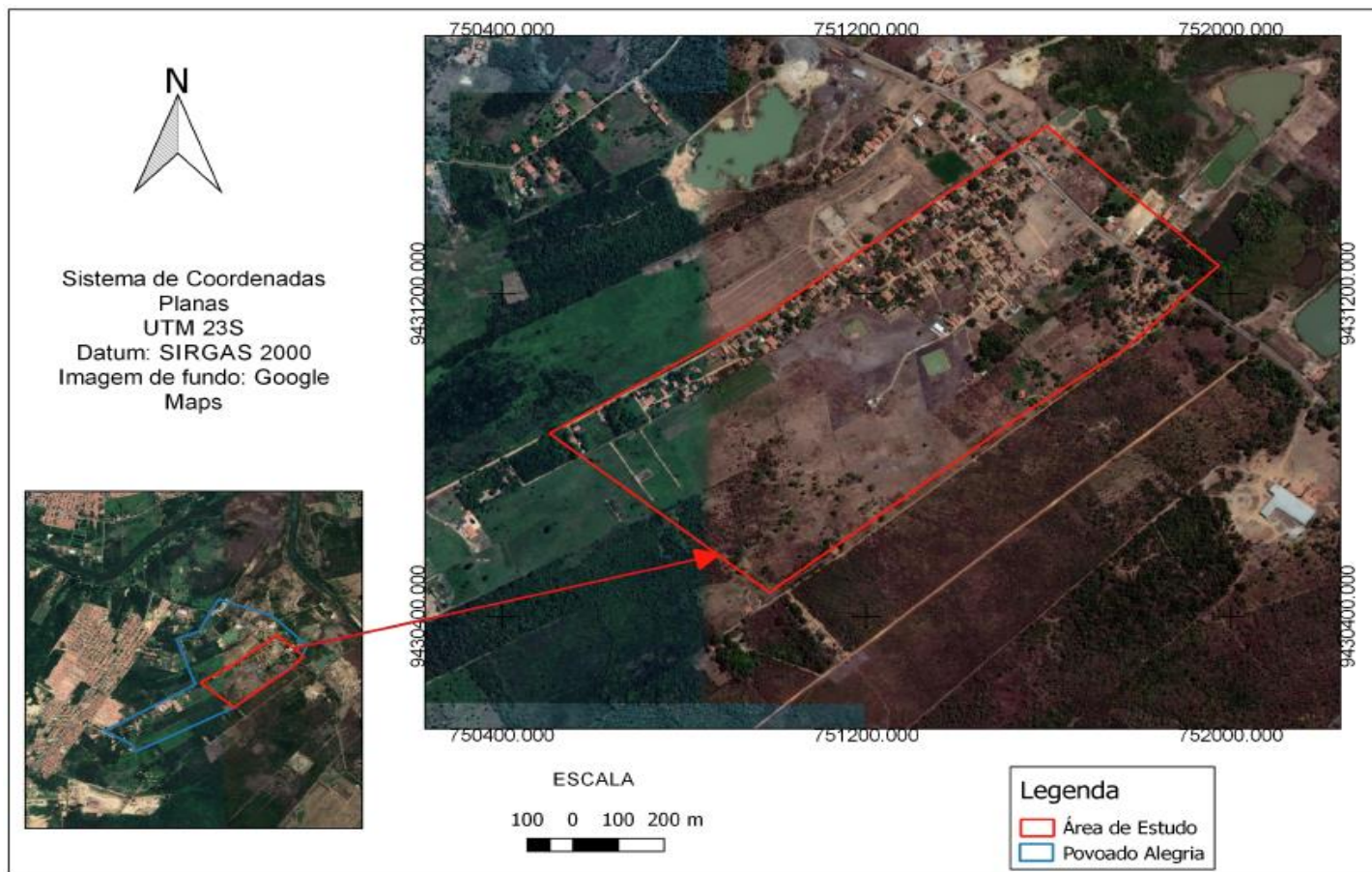
A abordagem metodológica é de caráter qualitativo, pois é baseado em interpretações de questionários aplicados aos moradores e observações de campo, tanto em cada domicílio visitado, como na forma de uso e ocupação do solo, analisando a área e as possíveis fontes contaminantes. Além da análise de documentos que será realizada na UBS do Povoado Alegria, caracterizando como uma pesquisa documental e um estudo de caso por ter como objeto de estudo um povoado definido.

4.2.2 Identificar, quantificar, caracterizar e georreferenciar os poços que estão ativos, desativados ou são utilizados como sumidouros de efluentes domésticos não tratados no povoado Alegria;

Foram aplicados questionários com perguntas abertas e fechadas (Apêndice A), acompanhado de um termo de consentimento (Apêndice B), em cada residência do povoado Alegria, afim de obter a identificação das casas que possuem poços ativos ou desativados, bem como aqueles que são utilizados atualmente como receptores de efluentes domésticos da residência, quantificá-los e caracterizá-los por meio de um roteiro de observação (Apêndice C), onde verificou-se *in loco* as condições existentes dos poços, sua proximidade com as fossas podendo vir a comprometer a qualidade da água. Foi realizado também o georreferenciamento das casas que tinham poços com um GPS modelo Garmin, sejam eles ativos, desativados, ou que são utilizados como sumidouros de efluentes, a fim de mapear toda a área e melhor identificar os pontos de coleta das amostras para análises.

A água do poço tubular central distribuída para consumo, não cobre toda a extensão do povoado, devido a distância das demais casas do ponto de captação. Com isso, foram identificados somente os poços existentes dentro da área de alcance da rede de distribuição do poço tubular central, como demonstrado na figura 2.

Figura 2: Mapa de delimitação da área de estudo no povoado Alegria.



Fonte: Autor, 2018.

4.2.3 Verificar se há contaminação da água subterrânea por coliformes do tipo *Escherichia coli* provenientes da disposição irregular de efluente domésticos;

Foram realizadas análises bacteriológicas para identificar a presença de coliformes termotolerantes da espécie *Escherichia coli* (*E. Coli*), pois segundo Coelho e Duarte (2008), as bactérias dessa espécie atendem os pré-requisitos de um bom indicador de contaminação fecal, devido ao fato de serem constituintes normais da flora intestinal de animais de sangue quente, como o homem, compondo 90% do total de coliformes fecais que um indivíduo libera por dia.

4.2.4 Classificar e averiguar se a água subterrânea usada no povoado Alegria está própria para consumo Humano;

Após o georreferenciamento dos poços, foram escolhidos pontos estratégicos para a coleta das amostras de água para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas com o intuito de averiguar se essa água obedece alguns dos padrões considerados aceitáveis para água de consumo humano estabelecidos no Anexo XX da PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, que dispõem dos padrões de potabilidade da água.

O critério de escolha dos parâmetros a serem analisados, é de acordo com a Resolução CONAMA nº396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas bem como estabelece alguns parâmetros que precisam ser analisados para o enquadramento da água em classes, como Sólidos Totais Dissolvidos (STD), nitrato (NO_3), coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez (T), e condutividade elétrica (CE), presentes nos artigos 12 e 13 desta mesma resolução. As análises realizadas nas amostras coletadas, foram as citadas acima, tais resultados serão comparados com os padrões estabelecidos pela PRC nº 5/ 2017, e averiguados se estão dentro dos padrões de qualidade da água para consumo humano. As análises de STD, pH, T e CE, foram realizadas no laboratório de Saneamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) campus Teresina zona sul e as de NO_3 e *E. coli*, no laboratório de Bromatologia do IFPI Teresina Central.

4.2.5 Investigar se os poços do povoado Alegria estão devidamente licenciados;

Foi realizada uma pesquisa no banco de dados da secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí – SEMAR, a respeito da regularização ambiental dos poços tubulares usados para consumo humano localizados na área de estudo.

4.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE CADA PARÂMETRO

4.3.1 Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos em sólidos em suspensão, aqueles sedimentáveis e não sedimentáveis, e em sólidos dissolvidos, sendo eles voláteis ou fixos (FUNASA, 2014a). Os sólidos totais dissolvidos são a soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água e representam a concentração de todo material dissolvido na água, volátil ou não (MANASSÉS, 2009). Para determinar a quantidade de STD na água, o método utilizado foi o mesmo especificado por Neto et al (2016), apresentados na figura 3 abaixo.

Figura 3: Pesagem dos cadinhos para a determinação dos STD das amostras.



Fonte: Autor, 2018.

4.3.2 Turbidez

A turbidez pode ser definida como a interferência da passagem da luz através do líquido, ou seja, o impedimento da entrada da luz solar no corpo hídrico, provocada por partículas em suspensão, que podem ser reduzidas por sedimentação, podendo ser de origem natural, ou causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (FUNASA, 2014a).

Para a análise de turbidez, foi utilizado o equipamento Turbidímetro, figura 4, aparelho usado para medir a turvação em líquidos, ou seja, a concentração de partículas sólidas suspensas nas amostras coletadas.

Figura 4: Fotografia do Turbidímetro de Bancada.



Fonte: Autor, 2018.

4.3.3 Coliformes Termotolerantes

A determinação da concentração dos coliformes termotolerantes, assume grande importância como parâmetro indicador de possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (COELHO E DUARTE, 2008). Existem muitas espécies de bactérias pertencentes a esse grupo, no entanto, será analisado somente a presença das bactérias da espécie *Escherichia Coli*.

O método utilizado para identificar a presença da *E.Coli*, é o método dos Tubos Múltiplos, demonstrado na figura 5, exemplificado no Manual Prático de análise de água da FUNASA (2013), que dispõe de todo material necessário para a realização da análise, que foi realizada no laboratório de Bromatologia do IFPI Teresina Central.

Figura 5: Método dos Tubos Múltiplos



Fonte: Autor, 2018.

4.3.4 Nitrato

O ciclo do nitrogênio conta com a intensa participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação, quanto no de desnitrificação, pois ele é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas, sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. O Nitrato é a forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose (FUNASA, 2014a). Para a determinação da concentração de nitrato na água, foi utilizado o método da espectrofotometria, descrito por Rodier (1975), o qual baseia-se na reação da alfa-naftilamina com a diazotização da amostra e posterior leitura em espectrofotômetro a 520nm.

Inicialmente prepara-se uma curva de calibração com Nitrato de Potássio nas concentrações; 0,99mg/L; 0,200mg/L; 0,502mg/L; 1,013mg/L e 2,03mg/L. Em seguida efetua-se a leitura em espectrofotômetro ajustado a 520nm.

Primeiramente adiciona-se 20 ml de cada amostra em *beckers* de 50 ml e em seguida acidifica-se com solução de ácido clorídrico. Transfere-se a amostra para tubos de Nessler, adicionando logo em seguida 1,0 mL de solução de ácido sulfanílico em cada amostra, deixando em repouso por alguns minutos para que haja a diazotização. Posteriormente adiciona-se 1,0 mL da solução de alfa-naftilamina. Aguarda-se por cerca de 3 minutos e efetua-se a leitura em espectrofotômetro a 520nm, tendo como branco, água destilada. Após as respectivas leituras, efetuam-se os cálculos das concentrações de nitrato, usando a expressão: $Mg/L(NO_3) = (Abs - 0,0181)/0,3996$. A figura 6 abaixo, demonstra o aparelho usado para medir a quantidade de NO_3 de cada amostra.

Figura 6: Fotografia do Espectrofotômetro utilizado para a análise de Nitrato



Fonte: Autor, 2018.

4.3.5 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água indica a capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions, sendo que, quanto maior a concentração iônica da solução, maior será a capacidade da água em conduzir corrente elétrica (FUNASA, 2014a).

Segundo Pinto (2007), “A determinação da condutividade elétrica é realizada pelo método condutivimétrico, que se baseia na medição da resistência da amostra e dado em condutância específica (condutividade elétrica a 20 ou 25 °C)”. O aparelho utilizado para medir a CE das amostras coletadas foi o Condutivímetro de bancada (figura 7), onde primeiro calibra-se o aparelho com a solução padrão 146,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em seguida afere o valor da CE de cada amostra.

Figura 7: Fotografia do Condutivímetro de Bancada



Fonte: Autor, 2018.

4.3.6 Potencial Hidrogeniônico

Segundo Castro et al, (2014), “O potencial hidrogeniônico define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução. O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos”. O valor do pH varia em uma escala de 0 a 14, se o resultado for abaixo de 7 a água é considerada ácida, acima de 7, alcalina, e água com valor de pH 7 é neutra. (FUNASA, 2013)

O método utilizado para a aferição do pH das águas coletadas foi o método potenciométrico, utilizando o aparelho de pHmetro (figura 8). O procedimento adotado para a análise é o mesmo disposto no Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2013).

Figura 8: Fotografia do pHmetro de Bancada



Fonte: Autor, 2018.

4.4 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Após a realização do georreferenciamento e da aplicação dos questionários, foram definidos os pontos de coleta de amostras para a análise de acordo com o seu uso, ou seja, as coletas foram realizadas somente nos poços cacimbões que são utilizados para consumo humano (Figuras 9,10,11 e 12) e da água distribuída na torneira de uma casa atendida pelo poço tubular central (figura 13), que faz a distribuição da água captada para consumo em mais da metade do povoado.

Figura 9: Fotografia do poço cacimbão da amostra 1.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 10: Fotografia do poço cacimbão da amostra 2.



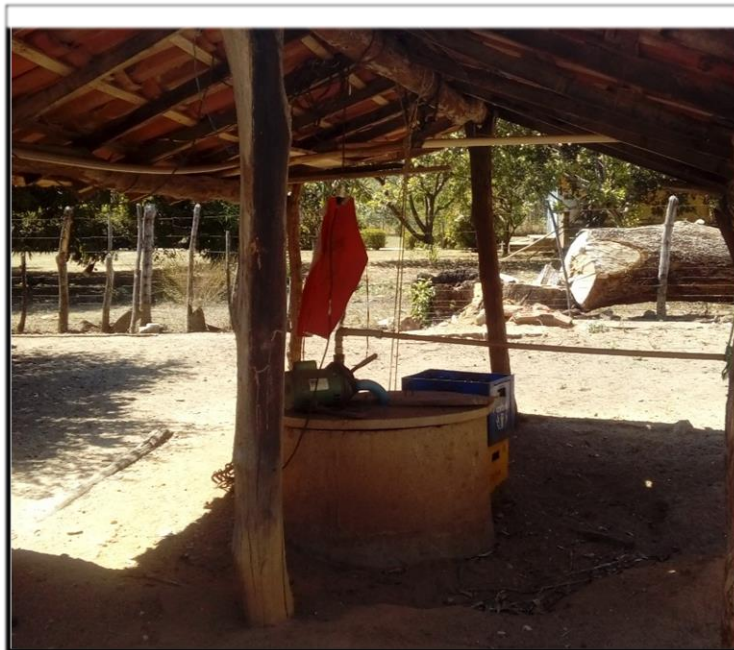
Fonte: Autor, 2018.

Figura 11: Fotografia do poço cacimbão da amostra 3.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 12: Fotografia do poço cacimbão da amostra 4.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 13: Fotografia da torneira usada para coletar a amostra da rede de distribuição do poço tubular da Alegria.



Fonte Autor, 2018.

A tabela 1 abaixo, identifica o número de cada amostra e as suas respectivas coordenadas de localização.

Tabela 1: Tabela de identificação e coordenadas planas de cada ponto de coleta.

Nº DAS AMOSTRAS	TIPO DE POÇO	COORDENADAS PLANAS (UTM FUSO 23)	
		LONGITUDE (X)	LATITUDE (Y)
1	Cacimbão	0751470	9431372
2	Cacimbão	0751514	9431499
3	Cacimbão	0751494	9431451
4	Cacimbão	0751848	9431207
5	Tubular Alegria	0751519	9431368

Fonte: Autor, 2018.

A figura 14 a seguir, demonstra o mapa de localização dos pontos de coleta da água para cada análise.

Figura 14: Mapa de localização dos Pontos de Coleta



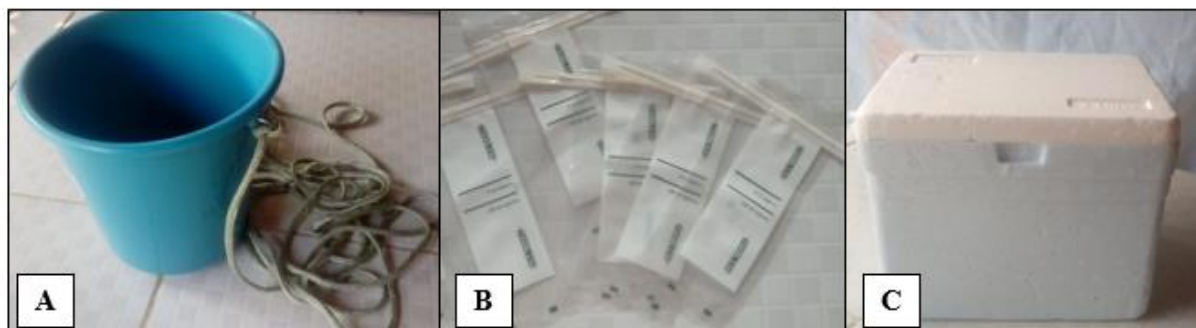
Fonte: Autor, 2018.

4.5 MATERIAIS DE COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras de água nos poços cacimbões foram realizadas com o auxílio de um balde pequeno e uma corda de 9(nove) metros, comprimento suficiente para alcançar o nível d' água subterrâneo. Após a coleta da água, as amostras foram colocadas em um saco plástico estéril utilizado para amostras de água, de 100 ml cada, contendo Tiosulfato de sódio para inibir o cloro, caso contenha na amostra. Em seguida armazena-se as amostras em um isopor contendo gelo gel, afim de mantê-las resfriadas e assim conserva-las até a realização das análises.

A amostra referente ao poço tubular central da Alegria foi coletada em uma das residências abastecidas pela sua rede de distribuição, seguindo as normas técnicas de coleta estabelecidas pelo manual da FUNASA (2013), pois segundo esse mesmo manual “ é essencial que a amostragem seja realizada com precaução e técnica para evitar todas as fontes de possível contaminação”. As análises bacteriológicas foram realizadas no mesmo dia da coleta das amostras, as demais análises físico-químicas foram realizadas no dia posterior a coleta. As figuras 15 e 16 mostram os materiais utilizados na coleta e armazenamento das amostras.

Figura 15: Fotografia dos materiais utilizados nas coletas das amostras.



A- Balde; B- Saco Plástico Estéril; C- Isopor.

Fonte: Autor, 2018.

Figura 16: Coleta das amostras de água.



Fonte: Autor, 2018.

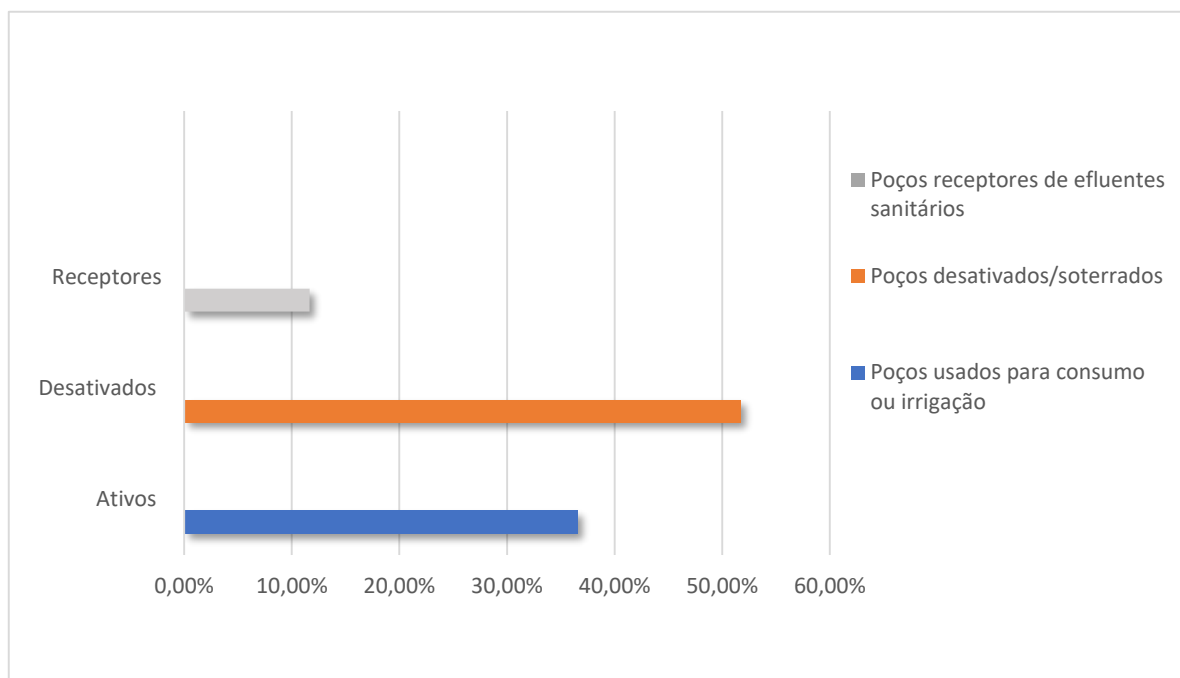
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram aplicados 112 questionários na área de estudo, no entanto, nem todas as residências foram abrangidas devido à ausência, em muitos dos casos, dos proprietários do imóvel ou casas sem moradores. Dos 100% de questionários aplicados, metade corresponde às residências que possuem ou já possuíram poços, em sua grande maioria cacimbões, que após sua identificação efetuava-se o roteiro de observação e em seguida georreferenciava-se o mesmo.

Dentro da área de estudo foram encontrados 60 (sessenta) poços ao todo, dos quais, 95% são do tipo cacimbão, e apenas 5% são poços tubulares, dentre esses, o poço tubular central da Alegria e dois poços particulares. Em algumas residências foram aplicados somente o roteiro de observação, pois de quatro poços identificados, dois estavam abandonados, um é o poço tubular central da Alegria, e o quarto pertence a um proprietário que possui dois poços, um poço tubular, o qual está sendo utilizado atualmente e outro poço cacimbão já desativado, sendo necessário assim a aplicação de dois roteiros de observação.

Como pode-se observar na figura 17, dos 100% dos poços encontrados, 36,6% ainda são utilizados para a irrigação de plantas e jardins ou são utilizados para consumo humano quando por algum motivo falta água nas torneiras. Mais da metade dos poços (51,7%), estão totalmente desativados ou soterrados, e 11,7% são utilizados como receptores de efluentes sanitários das residências, sejam eles provenientes tanto de banheiros, como de pias.

Figura 17: Gráfico da situação dos poços encontrados no povoado Alegria.



Fonte: Autor, 2018.

Através dos pontos de georreferenciamento de cada poço, foi possível a realização do seu mapeamento. A figura 18, demonstra o mapa de localização de todos os poços identificados na área em estudo.

Figura 18: Mapa de localização de todos os poços encontrados na área em estudo.

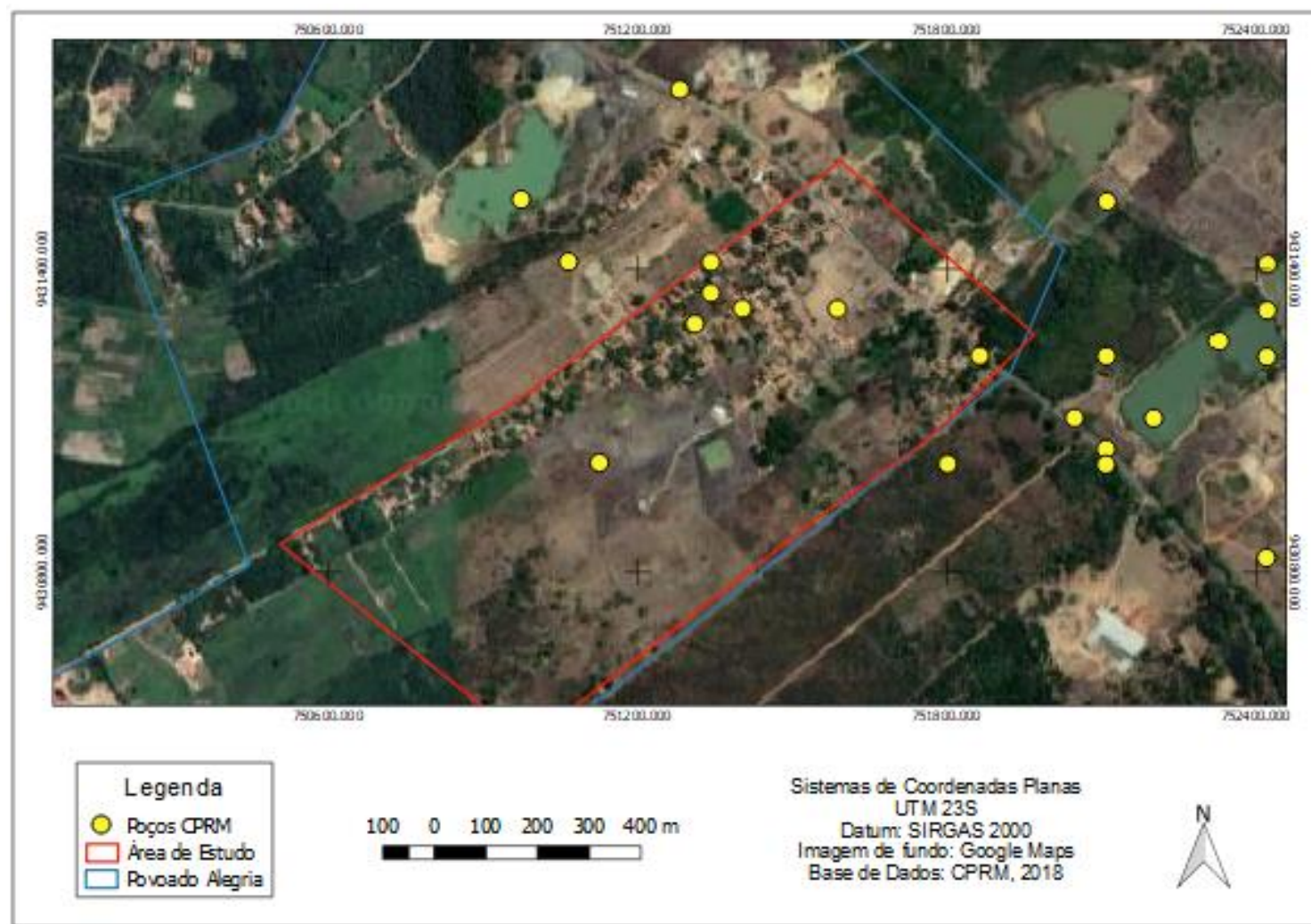


Fontes: Autor, 2018.

Dos 3 poços tubulares encontrados na região, nenhum possuem registro de pedido de licença ou concessão de outorga de uso da água no banco de dados da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí – SEMAR, nos últimos anos (Anexo 1), o que implica que eles estão funcionando irregularmente. Não é necessária outorga de uso da água para poços do tipo cacimbão, devido a pequena demanda a ser utilizada, geralmente para irrigação, dessedentação de animais e consumo da família.

Dados oficiais de cadastramento de poços de um órgão X, possui em seus sistemas de dados (Anexo 2), vários poços cadastrados no povoado Alegria, no entanto, as coordenadas dos poços estão desatualizadas. A figura 19 demonstra o mapa de localização dos poços cadastrados pelo órgão, no qual pode-se observar a quantidade de poços dentro da área em estudo, salientando-se também a localização inadequada de poços dentro de lagoas, o que indica a desatualização de sua base de dados, que segundo o site do órgão em questão foi atualizado em dezembro de 2018.

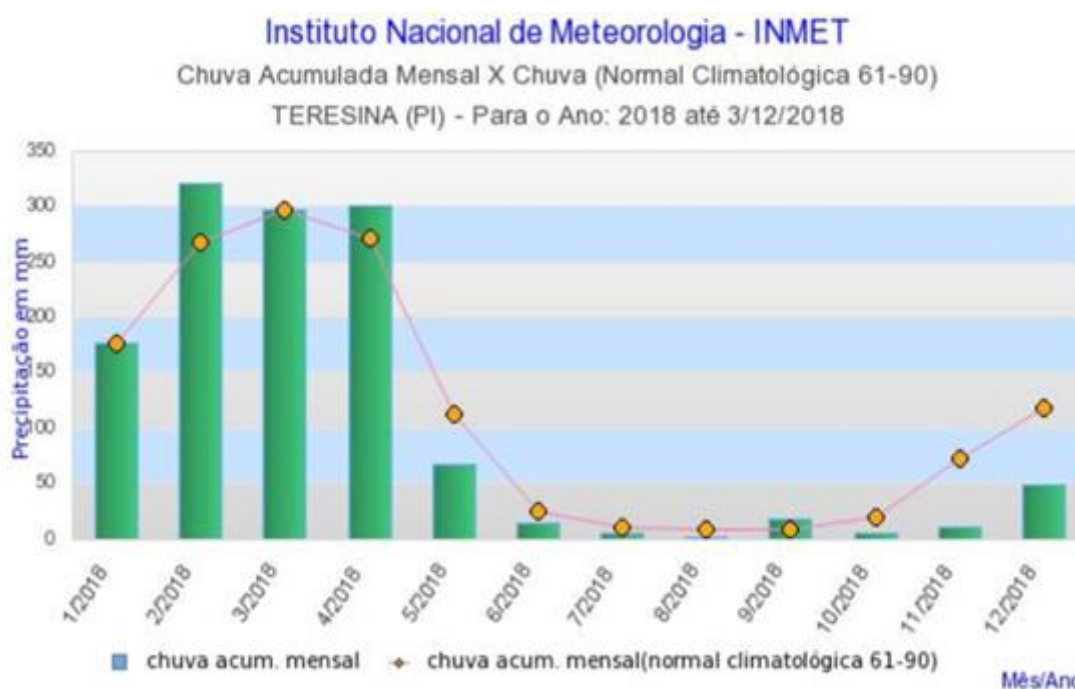
Figura 19: Mapa de localização dos poços cadastrados pelo Órgão X.



Fonte: Autor, 2018.

As amostras foram coletadas no dia 03 de dezembro de 2018, mês este de relativa seca no estado, no entanto, o clima neste ano se mostrou um pouco atípico, ocorrendo eventos de chuva na região na mesma semana da coleta, registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) como pode ser observado na figura 20, o que não é comum para a época do ano. No entanto, esse evento atípico não provoca uma interferência significativa na amostra, pois não houve tempo suficiente para recarregar o aquífero, por tanto, consideramos que as amostras foram coletas no período de estiagem.

Figura 20: Gráfico da chuva acumulada no ano de 2018.



Fonte: INMET, 2018.

As análises de pH, CE, T, STD e NO₃, foram realizadas no mesmo dia pois são métodos de análise consideradas rápidas, no entanto, para a determinação da presença de bactérias do tipo coliformes por meio do método convencional de tubos múltiplos, foi necessária a semana inteira de análise. A tabela 2 demonstra os resultados obtidos para cada amostra de água, a média entre os resultados e o desvio padrão de cada uma.

Tabela 2: Tabela de resultados das análises físico-químicas.

AMOSTRAS	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS				
	PH	STD (mg/L)	CE (µS/cm)	T (NTU)	NO ₃ (mg/L)
1	6,3	0,013	310,4	5,2	0,0007
2	6,3	0,017	1898	1,1	0,0002
3	6,4	0,010	1393	0,4	0,0002
4	6,0	0,013	1261	2,8	0,00002
5	6,5	0,009	1156	0,6	0,00001
MÉDIA	6,3	0,013	1203,7	2,0	0,00023
DP	0,187	0,001	574,8	2,0	0,00032
(VMP) PRC nº 5/2017	6,0 a 9,5	1000	Sem VMP pela PRC nº5/2017	5,0	10,0

Fonte: Autor, 2019.

Os valores de pH de cada amostra estão dentro dos padrões exigidos para águas destinadas a consumo humano estabelecidas pela PLC nº5/2017, a qual estabelece valores de pH de 6,0 a 9,5, sendo sua média de pH 6,3, possuindo um DP bem baixo (0,187) estando adequadas para consumo.

Os STD de todas as amostras foram abaixo de 1,0 mg/l, com uma média de 0,013 mg/l e DP de 0,001, estando assim todas dentro dos padrões, tanto da PRC nº5/2017, que estabelece como VMP de STD para água de consumo humano de 1000 mg/l, como para a resolução CONAMA nº 396/08 que estabelece até 1.000.000 mg/l de STD para consumo humano como efeito organoléptico.

Para a determinação da CE de cada amostra, a temperatura de referência adotada foi de 25 °C, estabelecidas pelo condutivímetro, pois segundo Pinto (2007, p.2), “A condutividade elétrica é uma propriedade que depende expressivamente da temperatura. Devido a isso, os dados de condutividade elétrica devem ser acompanhados da temperatura na qual foi medida”. Os valores da CE foram relativamente altos, a amostra 2, obteve a maior CE em relação as demais, e a amostra 1 a menor, tendo uma diferença de mais de 1000 µS/cm entre as duas.

Para Manassés (2009), no estado natural a água apresenta CE diretamente proporcional a quantidade de STD, basta somente uma pequena quantidade de material dissolvido para torná-la condutora. A amostra 2 foi a que apresentou uma maior CE (1898 µS/cm), e o maior valor

para STD, comprovando sua proporcionalidade. Como pode ser observado na tabela 2 acima, quanto maior os STD de cada amostra, maior a CE, notando-se uma diferença somente na amostra 1, na qual possui a menor CE (310,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e um valor de STD relativamente alto quando comparado com o mesmo valor obtido de STD da amostra 4 (0,013 mg/l), na qual obteve uma CE quatro vezes maior a amostra 1. Possivelmente pode ter tido alguma interferência da quantidade de sólidos suspensos na água, visto que a amostra em questão obteve o maior valor de turbidez (5,2 NTU).

Das cinco amostras coletadas, somente duas (3 e 5) estão dentro do padrão de turbidez estabelecido para águas subterrâneas pela resolução CONAMA nº 396/08, possuindo valores inferiores a 1,0 Unidade de turbidez (uT), já as amostras 1, 2 e 4 apresentaram uma maior concentração de materiais suspensos na água, estando em desacordo com a resolução supracitada, porém, as amostras 2 e 4, estão dentro do padrão estabelecido pela PRC nº5/2017, que determina que a água destinada para consumo humano não pode ter turbidez superior a 5 uT. Somente a amostra 1, está fora dos padrões estabelecidos de turbidez na água para consumo humano, que pode ser devido a processos naturais ou de ação antrópica, como lançamentos de esgotos em suas proximidades.

A amostra 5, que possui valor de turbidez igual a 0,6 NTU, é proveniente do poço tubular central do povoado, que devido ser um poço tubular, possui uma maior profundidade, que provavelmente capta água do aquífero confinado, tendo assim menos chance de ter uma turbidez elevada em relação aos poços cacimbões que captam água do lençol freático livre, o qual tem uma maior possibilidade de ter materiais suspensos.

Os valores obtidos de NO_3 em todas as amostras foram menores de 1,0 mg/l, obedecendo assim os VMP pelas legislações vigentes, de até 10 mg/l. O nitrato normalmente ocorre em baixas concentrações em águas naturais, no entanto, quando em altas concentrações em água de poço, podem ser provenientes da penetração direta da água poluída no aquífero através do solo (MANASSÉS, 2009).

Todas as amostras analisadas tiveram presença de bactérias do grupo coliformes, sendo necessário a realização do teste confirmativo para bactérias do tipo *E.Coli*, cujo o objetivo é identificar sua presença na água. Para Gois, Nogueira e Moraes (2013, p.256), a “identificação da bactéria *Escherichia coli* na água, representa evidente contaminação fecal humana e pode indicar a presença de diversos parasitas intestinais e outros microrganismos na água”. De todas as amostras analisadas, todas deram positivas para *E.Coli*, exceto a amostra 5, como podemos observar na tabela 3 abaixo, estando em desacordo com a legislação vigente PRC nº 5/ 2017,

que estabelece a ausência deste tipo de bactéria em 100 ml de água para consumo humano. Porém, essas águas podem ser destinadas para outros fins, como dessedentação de animais e recreação, pois ambas possuem NMP de 200 bactérias *E.Coli* por 100 ml de água e 800/100 ml, respectivamente, estando as amostras adequadas para esse tipo de uso.

Tabela 3: Resultado das análises de tubos múltiplos para a determinação da presença de *E.Coli* na água.

IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	COMBINAÇÕES	NMP /100 mL	LIMITES	
			INFERIOR	SUPERIOR
1	3-1-0	11	4	29
2	3-2-1	17	7	40
3	3-2-0	14	6	35
4	3-2-0	14	6	35
5	0-0-0	<2	-	-

Fonte: Autor, 2019.

A amostra 1, tem o número mais provável (NMP) de 11 bactérias *E.Coli* em 100 ml de água, possuindo limite inferior de 4 e superior de até 29 bactérias por 100 ml da amostra. As amostras 2, 3 e 4 possuem respectivamente o NMP de 17, 14 e 14 bactérias por 100 ml de água, podendo chegar até 40 bactérias *E.Coli* na amostra 2, sendo assim a água com uma maior contaminação. De 100% dos entrevistados 75% afirmaram não utilizar nenhum produto de desinfecção na água, por não gostarem do gosto ou por ter receio em utilizar produto químico na água para consumo, e 25% utilizam o cloro e água sanitária para descontamina-la.

O poço no qual foi coletado a água para análise (amostra 2), possui uma fossa negra a pouco mais de 5 metros de distância, na casa vizinha, havendo assim uma contaminação do lençol freático por fezes humanas.

Para Chiossi (2013);

“Devem-se tomar determinadas precauções quando existir fossa negra nas proximidades do poço, porque, se o nível do poço for abaixado consideravelmente, haverá a formação de um funil de sucção, que poderá causar a poluição das águas do poço” (CHIOSSI, 2013, pg.198).

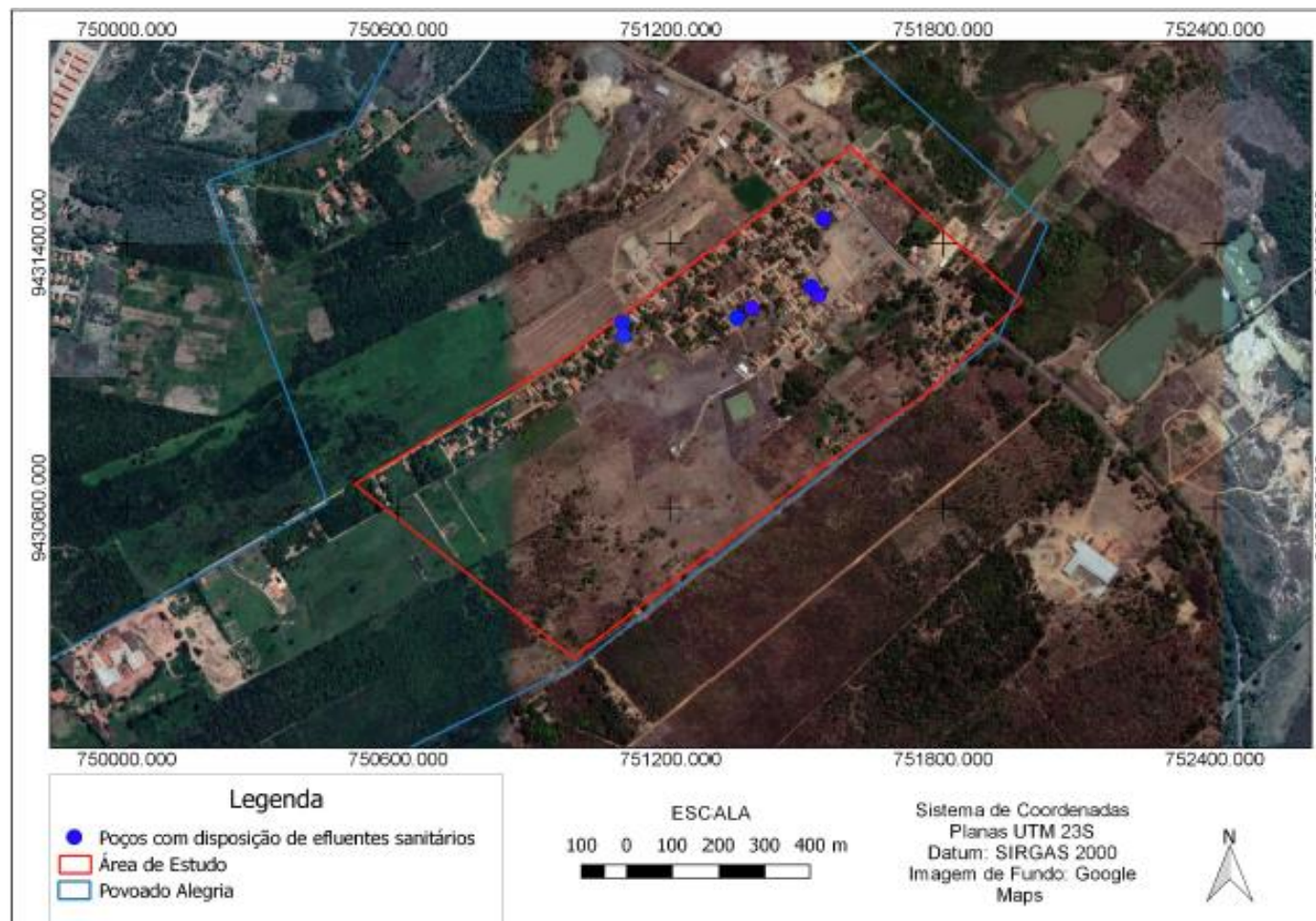
O correto nestas residências seria a construção de fossas sépticas biodigestoras, devido sua eficiência, ou a construção de fossas sépticas e sumidouros ou se possível uma vala de infiltração (SIQUEIRA, 2014).

Cerca de 11% dos poços encontrados no povoado alegria, estão próximos a fontes contaminantes, como fossas, galinheiros e cemitérios, sendo 42% localizadas a montante dos poços e 58% localizadas a jusante, que dependendo da declividade do terreno pode ocorrer a contaminação do lençol freático por infiltração e lixiviação dos poluentes. Para Siqueira (2014, p.29) “A pouca distância entre fossas e poços pode ser considerada um dos grandes causadores do alto índice de contaminação por coliformes termotolerante”.

No povoado Torrões, vizinho do povoado Alegria, foi constatado a contaminação do lençol freático por bactérias de origem fecal, pois segundo Santos, Nunes e Figueiredo (2008), os resultados das análises da água dos poços cacimbões demonstraram um elevado índice de coliformes de origem fecal, evidenciando a contaminação dos poços, estando assim, a água subterrânea fora dos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos pela legislação vigente.

Na Alegria, foram identificados 7 poços utilizados de receptores de efluentes sanitários (figura 21), sendo 5 utilizados de fossas e 2 como receptores de efluentes provenientes de pias, recebendo detergentes, óleos e outros contaminantes diretamente no lençol freático, podendo elevar os níveis de fosforo, nitrogênio, nitrato e outros nutrientes na água, que em excesso podem vim a fazer mal ao serem consumidas sem um tratamento prévio.

Figura 21: Mapa dos poços usados como receptores de efluentes sanitários no povoado Alegria.



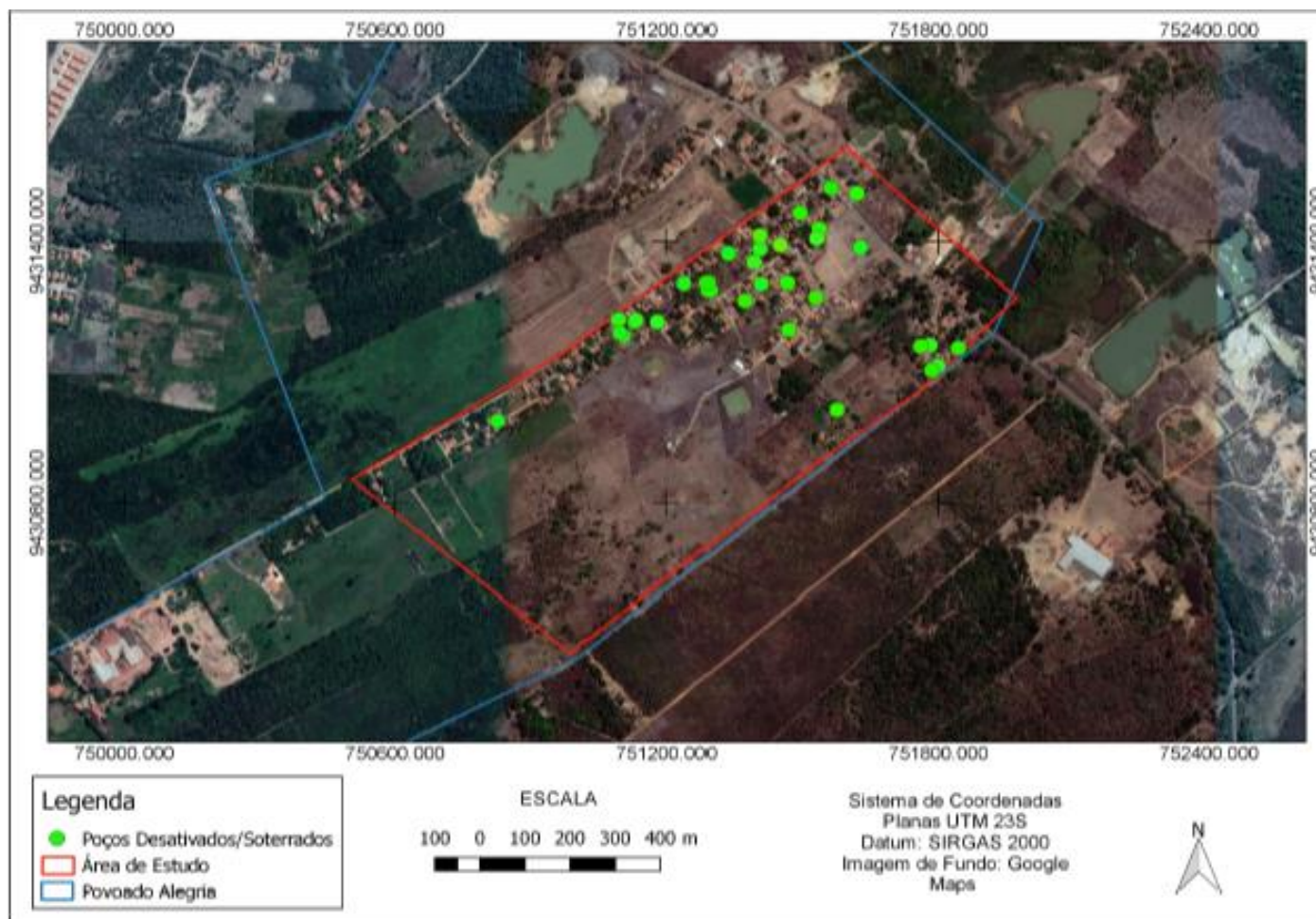
Fonte: Autor, 2018.

A Contaminação de águas doces por lançamentos de águas de esgotos, não só traz prejuízo ao ambiente aquático como a saúde humana, pois pode contribuir para a ocorrência de epidemias de diarreias e hepatite A, entre outras doenças provenientes de veiculação hídrica (SANTOS et al.; 2013). Ao serem indagados sobre a ocorrências de doenças provenientes de águas contaminadas, somente 11,6% afirmaram ter tido algum tipo de doença de veiculação hídrica, sendo a mais frequente diarreia e dor de barriga, associando ao consumo da água. Não há registros de casos de doenças provenientes de águas contaminadas na UBS do bairro.

Aproximadamente 99,1% das residências visitadas possuem fossa do tipo sumidouro, revestidas de tijolos ou manilhas, com aberturas laterais para facilitar a infiltração da água, e com nenhum revestimento no fundo, depositando assim os desejos diretamente no solo, contaminando-o e facilitando a contaminação dos aquíferos. Somente 0,1% possuem caixa séptica e sumidouro, tratando corretamente o efluente antes de ser disposto no solo.

Outro fator que contribui muito para a contaminação dos aquíferos, é a situação dos poços, pois muitos são construídos sem nenhuma instrução técnica, facilitando assim ao aquífero uma exposição maior de poluentes que possam vir a contamina-lo, pois, a profundidade dos poços variam de 7 a 9 metros de profundidade na região. Dos 60 poços encontrados, 51,7% estão desativados, como mostra a figura 22, alguns foram completamente soterrados, porém outros ficaram só sem utilidade no momento.

Figura 22: Mapa dos poços Desativados/ soterrados encontrados no povoado Alegria.



Fontes: Autor, 2018.

A grande maioria desses poços são antigos, inadequadamente fechados, que não tem nenhuma proteção ao redor e próximo de fontes de contaminação. No povoado Torrões também se constatou poços nessas mesmas condições, pois os poços eram localizados próximos de fontes contaminantes, como criatórios de animais domésticos, fossas e locais onde são lançados dejetos e lixo à céu aberto, o que possivelmente compromete a qualidade da água destes poços (SANTOS; NUNES; FIGUEIREDO, 2008).

Dos poços encontrados na área de estudo, muitos são cobertos por pedaços de madeira, chapas de ferro enferrujada, lonas, sacos, tampas de PVC, entre outros materiais usados pelos proprietários para evitar que caia alguma coisa dentro do poço, como demonstrado nas figuras 23 e 24. Para Santos; Nunes e Figueiredo (2008), uma cobertura adequada é um dos principais cuidados que deve-se ter para manter a qualidade da água dos poços cacimbões, no entanto, somente isto não é suficiente para proteger os poços de contaminação e poluição.

Figura 23: Fotografia do poço coberto por sacos, madeiras e restos de ferro enferrujado.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 24: Fotografia do poço coberto por lona e pedaços de madeira.



Fonte: Autor, 2018.

Já outros poços não possuem se quer algum tipo de proteção, sem tampa para evitar acidentes e contaminação do lençol freático, e que servem de depósitos de resíduos e moradia de animais (figura 25 e 26).

Figura 25: Fotografia do poço com alguns pedaços de madeira.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 26: Fotografia de um poço abandonado sem nenhum tipo de proteção.



Fonte: Autor, 2018.

No entanto, há poços que estão bem vedados com tampas de concreto armado (figura 27), que mesmo não tendo uma maior proteção externa, como a construção de uma sapata para evitar que entre poluentes através do escoamento, demonstra que os proprietários tiveram algum tipo de cuidado em relação a proteção desses poços e a segurança de sua família, já que a grande maioria das casas visitadas tem crianças pequenas. Outros poços são utilizados como parte da decoração da propriedade (figura 28), que mesmo sendo utilizado por meio de bombeamento para lavar louças e irrigar jardim, acaba sendo disfarçado em meio a paisagem.

Figura 27: Fotografia de um poço vedado com tampa de concreto armado.



Fonte: Autor, 2018.

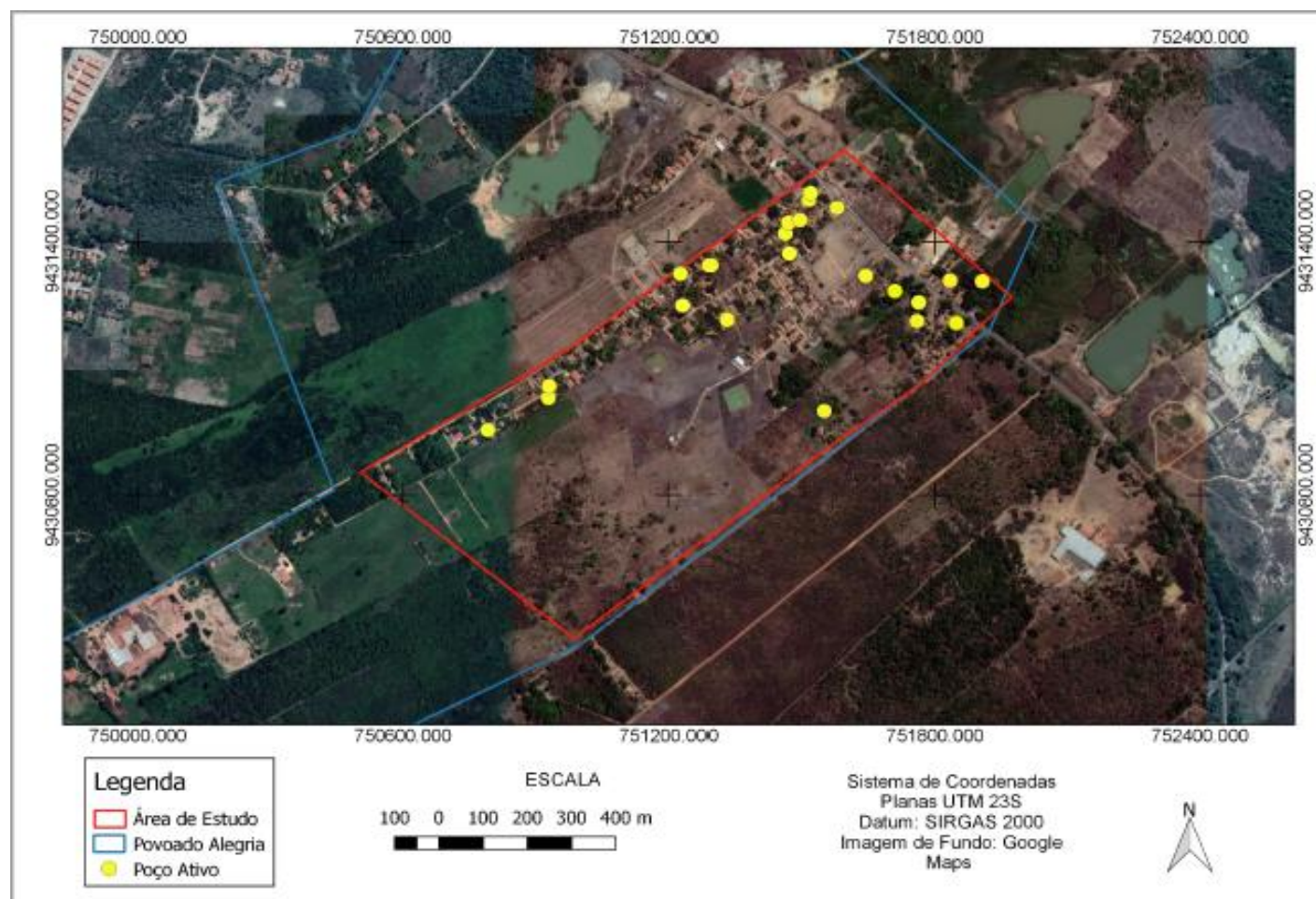
Figura 28: Fotografia de um poço usado como parte da decoração do ambiente.



Fonte: Autor, 2018.

Dos 22 (vinte e dois) poços ativos (figura 29), cerca de 41% deles são utilizados por meio de bombeamento, tendo uma casinha utilizada de proteção, tanto para o poço como para o equipamento de bombeamento.

Figura 29: Mapa de localização dos poços ativos encontrados na área em estudo.



Fonte: Autor, 2018.

As casas são feitas com cobertura de telhas ou lonas, como mostra as figuras 30 e 31 a seguir, no entanto não protege completamente o poço, pois o solo fica desprotegido, podendo os contaminantes passarem e infiltrarem nas brechas dos poços, e contaminar a água que está sendo utilizada.

Figura 30: Fotografia da casa feita de lona como cobertura do poço.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 31: Fotografia da casa de proteção do poço feita de madeira e telhas.



Fonte: Autor, 2018.

A amostra 5, é a única água que não está contaminada por bactérias *E.Coli*, isso se deve ao fato da água captada estar a uma profundidade muito maior que a dos poços cacimbões, cerca de 40 metros da superfície e com uma vazão constante de 8 mil litros por hora (anexo 3), dificultando assim a sua contaminação por agentes externos, no entanto, houve a presença de bactérias do grupo coliformes termotolerantes na água usada para abastecimento, possivelmente proveniente da caixa d'água usada para armazenar a água ou da rede de distribuição, já que foi coletada a água da casa de um dos moradores do povoado, dando ausente somente para bactérias de origem fecal.

Cerca de 83 % dos entrevistados que utilizam a água do poço tubular central, consideram essa água de boa qualidade, não sentindo cheiro ou odor (73,2%) na água usada para consumo. Mas, a grande maioria afirma sentir um grande cheiro e gosto de cloro na água (70%), o que indica que está ocorrendo o processo de desinfecção antes de ser distribuída, no entanto, altos teores de cloro podem causar mal-estar nos consumidores além de provocar doenças, pois segundo Lardini e Oliveira (2010), quando adicionado cloro em águas que contém matéria orgânica, pode ocorrer a formação de compostos indesejáveis, principalmente os Trihalometanos, que são prejudiciais à saúde humana.

Além do gosto e cheiro forte de cloro, 6,7% afirmam que a água é saloba, tem gosto de água sanitária (6,7%), podre (10%), gosto de lama (3,3%) e de lodo (3,3%). Situação considerada um pouco contraditória, pois devido ao alto poder oxidante, o cloro também serve para o controle do sabor e odor da água, para a prevenção do crescimento de algas, remoção de metais pesados como o ferro e manganês, além da remoção da cor e controle do desenvolvimento de biofilmes nas tubulações. (FUNASA, 2014c)

O sistema de captação de água da Alegria, é através de uma bomba (figura 32) que puxa água provavelmente do aquífero confinado, já que não tem estudos hidrogeológicos na região, a 40 metros de profundidade. Parte da água captada passa por uma tubulação secundária, na qual é adicionada cloro, por meio de pastilha (figura 33) e retorna à tubulação principal indo diretamente para o reservatório. O reservatório é do tipo elevado e tem a capacidade de armazenar 10 mil litros, sendo confeccionado em material PVC, como pode ser observado na figura 34.

Figura 32: Bomba de captação do poço tubular central da Alegria.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 33: Fotografia do dosador de cloro



Fonte: Autor, 2018.

Figura 34: Fotografia do reservatório de distribuição da água do poço tubular central da Alegria.



Fonte: Autor, 2018.

Podemos notar que não há a proteção do equipamento de bombeamento na captação da água, pois segundo a NBR 12.212 de 1992, que dispõem do projeto de poços para a captação de água subterrânea, “O equipamento de bombeamento montado sobre a superfície deve ter abrigo de proteção” (ABNT, 1992, p.5). O equipamento está exposto a ações do tempo e já aparenta estar bastante desgastado, com ferrugem e rachaduras em sua estrutura, podendo também ter contaminação da água captada por ação de patógenos externos. O único equipamento que possui abrigo, é o clorador, onde coloca-se a pastilha de cloro para ser dissolvida na água antes de chegar no reservatório. No entanto, a higiene do local e do equipamento também não está adequada, podendo contaminar a água, caso não tenha uma limpeza periódica do dosador de cloro. Após o processo de captação a água é bombeada para o reservatório, onde será distribuída para os consumidores.

Devido a água possuir indícios de contaminação por agentes externos, o aquífero livre estudado pode ser considerado de classe 4, pela resolução CONAMA nº 396/08, que estabelece como sendo águas pertencentes a essa classe, águas subterrâneas que tenham alterações em sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente podem ser utilizadas, sem qualquer tipo de tratamento, para usos menos restritivos (BRASIL, 2008), como irrigação de jardins.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos pelas análises, constatamos que o lençol freático desta região está impróprio para consumo humano sem nenhum tratamento prévio, no entanto, como as coletas foram feitas no período de seca e não foram realizadas novamente no período de chuva, não foi possível uma comparação dos resultados e de possíveis mudanças na qualidade das águas em questão. Como o nível de contaminação por *E.Coli* foram baixos nessas condições, a água pode ser consumida desde que desinfetada por cloro, o qual é distribuído pela UBS do povoado, ou após a fervura da água para eliminar qualquer tipo de patógeno existente.

É importante salientarmos a promoção da educação ambiental periódica com a comunidade, como a realização de palestras e visitas periódicas as casas da região, demonstrando a importância de utilizar o desinfetante na água, e de manter os seus poços em melhores condições, proporcionando uma laje de proteção adequada, bem como a proteção ao entorno. É importante também o incentivo a desativação dos poços que são utilizados de sumidouros e das fossas negras existentes, bem a orientação correta de como construir fossas sépticas adequadas para o depósito dos efluentes sanitários.

Nota-se também que o reservatório está desgastado com a ação do tempo, sendo necessário sua troca, além de lavagens periódicas para evitar o acúmulo de lodo e desinfecção do mesmo, proporcionar uma higiene mais adequada no dosador de cloro e a construção de uma casa de proteção para o sistema de bombeamento do poço tubular central.

É de extrema importância estudos e análises que venham a comprovar a qualidade da água, bem como as consequências que uma possível contaminação pode gerar à saúde da comunidade local. O consumo de água contaminada pode provocar diversos agravos na saúde dos moradores da região. O acesso à água de qualidade é direito de todos, devendo os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos exercer um controle mais rígido sobre a água utilizada para consumo humano, oriundas de águas subterrâneas ou superficiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Credenciamento de empresas perfuradoras de poços**, 2018. Disponível em < <http://www.abas.org/seloabas.php>>. Acesso em: 25 de Julho de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**: Projeto de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992. 5 p. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.212-Projeto-de-Po%C3%A7os-Para-Capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%81guas-Subterr%C3%A2neas.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- BACKES, Francisco José. **Avaliação da eficiência de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbio em escala piloto para o tratamento de efluente sanitário com a adição de papel higiênico como fonte de matéria orgânica**. 2016. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.
- BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 17 ago. 2018.
- _____. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. **Anexo XX: DO CONTROLE E DA VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SEU PADRÃO DE POTABILIDADE**. Brasília, Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- _____. Resolução **Conama nº 396**, de 03 de abril de 2008. Brasília, Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- CASTRO, Jeferson Stiver Oliveira de et al. **Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do polo industrial de Barcarena-Pará**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; 2014.
- CESA, Márcia de Vicente; DUARTE, Gerusa Maria. **A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica**. **Geosul**, [s.l.], p.63-78, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2010v25n49p63> >. Acesso em: 11 fev. 2019.
- CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de engenharia**/Nivaldo Chiossi.—3. Ed.—São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- COELHO, Virginia Maria Tesone; DUARTE, Uriel. **Potencial de contaminação de aquífero freático por esgoto doméstico – quantificação do decaimento bacteriológico**. In: **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 2008, São Paulo. v.22. nº01, p. 1 - 12.
- COLVARA, J. G. et al. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul**. **Braz. J. Food Technol.**, II SSA, janeiro 2009.
- Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Printed In Brazil, 2014a. 116 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2019.

_____. **Manual de orientações técnicas para a elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares**, Brasília, 2014b. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_orientacoes_tecnicas_programa_melhorias_sanitarias_ambientais.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2018.

_____. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: Printed In Brazil, 2013. 153 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2019.

_____. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Tiragem, 2014c. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

GOIS, Luis Henrique Batista; NOGUEIRA, Aline Coelho; MORAES, Luiz Roberto Santos. **ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: uma visão sobre os riscos e vulnerabilidades de sua utilização**. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (gesta)*, v. 1, n. 2, p.251-266, 2013.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>>. Acesso em: 30 de julho de 18.

INGRA, **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária**, 2017. Disponível em <<http://www.incra.gov.br/pi>>. Acesso em: 25 de Julho de 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Sp: Abes, 2014. 1087 p. 7 v.

JÚNIOR, Lauro de Oliveira Silva; CAETANO, Lucio Carramillo. **Aquíferos**; Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html?tpl=printerview> . Acesso em: 03 de agosto de 2018.

LARDINI, Vanessa; OLIVEIRA, Eniz Conceição de. DETERMINAÇÃO DE TRIHLOMETANOS EM ÁGUA POR MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA NO MODO HEADSPACE. **Revista Destaques Acadêmicos**: CETEC/UNIVATES, Rs, v. 2, n. 4, p.25-3, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/Vaio/Downloads/86-91-1-PB.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. **O relevo de Teresina, PI: compartimentação e dinâmica atual**. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS- GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, Goiânia. IX ENANPEGE, 2011. p. 1 - 8.

MANASSÉS, F. **Caracterização Hidroquímica da Água Subterrânea da Formação Serra Geral na Região Sudoeste do Estado do Paraná**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/19591/Dissertacao_Fabio_Manasses.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 02 de agosto de 2018.

MOURA, Larissa et al. Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. **Variação Geográfica do Saneamento Básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**, 2010. Cap. 8. p. 189-211.

NETO, Manoel Lindolfo Queiroz et al. **Análise da qualidade da água subterrânea utilizada no abastecimento urbano: um estudo de caso em poços tubulares no município de São Rafael/RN**; VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB, 2016. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-061.pdf> . Acesso em: 02 de agosto de 2018.

PIAUI (Estado). **Lei nº 5.165**, de 17 de agosto de 2000. : Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.. Teresina, PI, 2000.

PINTO, Magda Cristina Ferreira (Org.). **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. Belo Horizonte: Cprm – Serviço Geológico do Brasil, 2007. 51 p. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2019.

RIGOBELLO, Everlon Cid et al. **Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena**. Curitiba: Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient, v. 7, n. 2, 2009.

RODIER, J. L'analyse de l'eau: **eaux naturelles, eaux residuais, eaux de mer**. 5.ed. Paris: Dunod, v.1, 1975. 629p.

SANTOS, Antonio Carlos dos; NUNES, Ossian Otávio; FIGUEIREDO, Maria Livramento Fortes. A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DA COMUNIDADE TORRÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS AMAZONAS1. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 28, p.243-261, dez. 2008.

SANTOS, José Ozildo dos et al. A qualidade da água para o consumo humano: Uma discussão necessária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental: GRUPO VERDE DE AGROECOLOGIA E ABELHAS**, Paraíba, v. 7, n. 2, p.19-26, 2013. Trimestral.

SEMPLAN, **Secretaria Municipal de Planejamento**. MAPA RODOVIÁRIO DO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI, 2008.

SIQUEIRA, Fernanda Gomes. **Avaliação da qualidade microbiológica da água em poços artesianos da comunidade rural Rajadinha Distrito Federal**. 2014. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Lato Sensu em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, Instituto Ceub de Pesquisa e Desenvolvimento - Icpd, Centro Universitário de Brasília - Uniceub, Brasília, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/7769/1/51206860.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

TERESINA, **Prefeitura de**. Mais de 600 famílias da zona rural são beneficiadas com reforma da UBS do Alegria, 2016. Disponível em <http://www.portalpmt.teresina.pi.gov.br/noticia/Mais-de-600-familias-da-zona-rural-sao-beneficiadas-com-reforma-da-UBS-do-Alegria/11700>>. Acesso em: 25 de Julho de 2018.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A GESTÃO DA ÁGUA**. Df: Df, 2018. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261579por.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 18, Belo Horizonte - MG, 2014. p. 1 - 12.

VIGIAGUA, Ministério da saúde.: **Vigilância Ambiental**, 2018. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigiagua>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

ZOBY, José Luiz Gomes. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 15. 2008, Natal – RN, 2009. p. 1 - 20.

APÊNDICE A: Roteiro de Entrevista

1) Qual a origem da água que abastece sua casa?

☐ Poço tubular do povoado Alegria

☐ Empresa responsável pelo abastecimento da cidade de Teresina-PI

☐ Outros _____

2) Sobre a água proveniente do poço tubular da Alegria. Você considera essa água de boa qualidade?

☐ Sim ☐ Não

3) Você já sentiu algum sabor ou odor diferente na água?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, de quê? _____

4) Você tem ou já teve poço em casa?

☐ Sim ☐ Não

Se sim. Está em funcionamento atualmente? _____

5) Que tipo de poço você tem ou já teve em casa?

☐ Cacimbão

☐ Tubular

☐ outros _____

6) Onde se localiza a fossa de sua casa?

☐ Próximo ao poço (menor que 15 metros)

☐ Dentro do Poço

☐ Há uma distância maior que 15 m do poço

7) Em sua família ocorre muitos casos de doenças provenientes de veiculação hídrica?

☐ Sim ☐ Não

8) Após consumir a água do poço tubular da Alegria, você ou alguém de sua família já sentiu algum mal estar?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, que tipo de mal estar? _____

9) Você utiliza algum produto químico para a desinfecção da água que chega a sua casa?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, qual produto? _____

10) O poço existente em sua casa é revestido com manilhas ou outro material?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

11) Qual o destino dos efluentes sanitários gerados na residência?

☐ Fossa

☐ Sarjeta

☐ Rede coletora de Esgotos

☐ Outros _____

12) Sua fossa é constituída de caixa séptica e sumidouro?

☐ Sim ☐ Não

Se Não, como é a fossa? _____

APÊNDICE B: Termo de Aceite**TERMO DE ACEITE**

Eu _____ CPF _____

Residente do povoado Alegria; Rua _____ Nº _____

Aceito participar da pesquisa de caráter acadêmico e científico conduzida pela aluna FRANCIELLY LOPES DA SILVA, do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, IFPI Campus Teresina Central, com número de matrícula 20161GAB0096, referente ao seu Trabalho de conclusão de Curso- TCC, titulado “ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO DO POVOADO ALEGRIA, EM TERESINA-PI”, Sob a orientação do Profº Drº Érico Rodrigues Gomes.

TERESINA-PI, _____ de _____ de 2018.

APÊNDICE C: Roteiro de Observação de Campo

1) Qual a coordenada (UTM) e altitude do poço?

2) Qual o número do poço, da foto e sua descrição?

3) O poço tem laje de proteção ou algum tipo de cobertura?

☐ Sim ☐ Não

4) Se Sim, qual material é utilizado em sua cobertura?

5) O poço encontra-se adequadamente coberto?

☐ Sim ☐ Não

6) Altura da boca do poço para o solo:

7) Distância do poço para possíveis fontes de contaminação da residência (chiqueiro, galinheiro, águas de esgotos, fossas, cemitério...):

8) A localização do poço está a montante ou a jusante da fonte de contaminação observada?

☐ montante ☐ jusante

9) Que tipo de utensílio é utilizados para a captação da água do poço?

☐ Baldes ☐ Bombas ☐ Outro

ANEXO 1: Declaração da SEMAR

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS

**DECLARAÇÃO**

Declaramos para os devidos fins, quanto aos procedimentos de cadastro e regularização de poços tubulares, que mediante busca no sistema e no arquivo físico da SRH/SEMAR, não foram localizados processos de pedidos de outorga para poços tubulares no povoado Alegria, zona rural de Teresina-PI.

Teresina, 20 de dezembro de 2018



Daniel de Araújo Marçal - Matrícula: 194.514-9
Auditor Ambiental / Coordenador de Outorga

GOVERNO
DO PIAUÍ

www.pi.gov.br

ANEXO 2: Banco de dados do Órgão X de alguns poços cadastrados no povoado Alegria.

Num. do Ponto	U	Localidade	Natureza	Ne (m)	Nd (m)	V.E.*
2200032847	P	SITIO BEIRA RIO	Poço tubular			
2200032977	P	USINA DE ASFALTO ALEGRIA	Poço tubular	8	32	17
2200033109	P	ALEGRIA	Poço tubular	6	23	12
2200033145	P	AGUA BOA	Poço tubular	43	64	6.5
2200033175	P	FAZENDA BACURI	Poço tubular			
2200033228	P	FAZENDA SALVADOR	Poço tubular	34	43.5	8.47
2200033312	P	ALEGRIA	Poço tubular	13	26	9.6
2200033317	P	ALEGRIA	Poço tubular	14	25	8.5
2200033319	P	ALEGRIA	Poço tubular	16	35	5
2200033334	P	ALEGRIA I	Poço tubular	14	36	25
2200033348	P	ALEGRIA II	Poço tubular	16	35	12
2200033349	P	ALEGRIA III	Poço tubular	12	46	20.4
2200033350	P	ALEGRIA IV	Poço tubular	11	43	15.4
2200033351	P	ALEGRIA V	Poço tubular	14	44	24
2200033352	P	ALEGRIA VI	Poço tubular	16	31	15.3
2200033389	P	ALEGRIA VIII	Poço tubular	7	14	13
2200033426	P	TORROES	Poço tubular	19	25	10
2200033432	P	POVOADO ALEGRIA	Poço tubular	9	18	13
2200033439	P	SEDE MUNICIPAL - ATERRO SANITARIO	Poço tubular	33	51	3
2200033449	P	ALEGRIA	Poço tubular	6	15	14
2200033464	P	PROXIMO AO POVOADO ALEGRIA	Poço tubular	1	3	18
2200033473	P	ALEGRIA	Poço tubular	8	22	9
2200033474	P	POVOADO ALEGRIA	Poço tubular	13	46	12
2200033503	P	ALEGRIA	Poço tubular	11	15	13
2200033504	P	ALEGRIA	Poço tubular	10	19	10
2200033508	P	LOTEAMENTO ALEGRIA	Poço tubular	10	17	12
2200033573	P	TORROES	Poço tubular	6	11	10
2200033637	P	PROJETO ALEGRIA	Poço tubular	64	115	52
2200033650	P	UNIDADE SAUDE DIRCEU	Poço tubular	12	30	10
2200033692	P	FAZENDA BEIRA RIO	Poço tubular	15	39	6
2200033730	P	SANTA TERESA	Poço tubular	18	73	16
2200034157	P	POSTO ALEGRIA		23	73	7.2
2200034158	P	TAPUIA		12.5	14.5	6
2200035037	P	SEDE MUNICIPAL				
2200048156	P	Clube da Associação da Rede Hospitalar de Teresina	Poço tubular			
2200049727	P	Redonda	Poço tubular	21	27	9
2200049765	P	Granja Redonda	Poço tubular	26	68	11
2200049774	P	Granja Redonda	Poço tubular	62	84	25
2200049845	P	Usina de Asfalto - Povoado Alegria	Poço tubular	8	32	17
2200049875	P	Alegria	Poço tubular	4	54	8

ANEXO 3: Documento referente ao poço tubular da Alegria.

Cliente: POVOADO ALEGRIA	Contato				
Endereço:	Estado:				
CPF/CNPJ:	Cidade: TERESINA	UF: PI CEP:			
Equipamento: BOMBA SUBMERSA	Modelo: 1.5 CV TRIF	Marca: LEAO			
Assessoria:	Voltagem: 380v	Base:			
Problema Informado:					
Problema Constatado:	40 metros				
Serviço Executado:	8 mil litros				
Observações Gerais:					
Quanto mais comprimento pra retirar o seu equipamento!					
Referência	Descrição do Item	un	Valor	Quantia	Valor Total
	00015-BOMBA SUBMERSA NOVA		2.100,00	1,0	2.100,00
Responsável:			VALOR PROPOSTO:		2.100,00
Situação Atual: AGUARDANDO LIBERAÇÃO			VALOR SERVIÇOS:		
Condições de Pagamento:			DESLOCAMENTO:		
			VALOR DESCONTO:		
			VALOR TOTAL:	1	2.100,00
ESTE DOCUMENTO NÃO VALE COMO RECIBO DE PAGAMENTO					
Autorizo a execução do(s) serviço(s) nas condições acima discriminado					
() Aprovado () Reprovado Assinatura: _____			Data: ____/____/____		