



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDERSON JOSÉ DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE FATORES ANTRÓPICOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS DA COMUNIDADE DE ITAPUAMA, CABO DE SANTO  
AGOSTINHO- PE**

CABO DE SANTO AGOSTINHO  
JULHO DE 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDERSON JOSÉ DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE FATORES ANTRÓPICOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS DA COMUNIDADE DE ITAPUAMA, CABO DE SANTO  
AGOSTINHO- PE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à  
Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho  
(UACSA), da Universidade Federal Rural de Pernambuco  
(UFRPE) para aprovação no curso de graduação em  
Engenharia Civil.

Orientador Prof. Dr. Robson Silva

CABO DE SANTO AGOSTINHO

JULHO DE 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Esmeraldina Pereira da Silva, Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil

S586i Silva, Anderson José da  
Influência de fatores antrópicos na qualidade das águas  
subterrâneas da comunidade de Itapuama, Cabo de Santo Agostinho-  
PE / Anderson José da Silva. – 2019.  
62 f.: il.

Orientador: Robson José Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia  
Civil) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica do  
Cabo de Santo Agostinho, Cabo de Santo Agostinho, BR- PE, 2019.  
Inclui referências.

1. Qualidade da água 2. Água subterrânea 3. Influência antrópica I. Silva,  
Robson José, orient. II. Título

CDD 624

**ANDERSON JOSÉ DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DE FATORES ANTRÓPICOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS DA COMUNIDADE DE ITAPUAMA, CABO DE SANTO  
AGOSTINHO- PE.**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural  
de Pernambuco como requisito para obtenção do grau de Bacharelado em  
Engenharia Civil

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Robson José Silva, UACSA, UFRPE  
Orientador

---

Profa. Dra. Cecília Maria Mota Silva Lins, UACSA, UFRPE  
Examinador

---

Prof. Dr. Mauricio Pimenta Cavalcanti, UACSA, UFRPE  
Examinador.

*Ao espírito santo de Deus pelo dom da ciência, aos meus pais que proporcionaram os meus estudos, ao meu irmão pelo companheirismo e aos laboristas de Engenharia Civil que simulam não só sistemas e obras, mas sonhos e realizações.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Criador do universo pelo dom da vida, a minha família pelo acolhimento, aos meus amigos pelas gargalhadas, ao meu orientador Prof. Dr. Robson Silva pela paciência e amizade e a Profa. Dra. Cecília Lins pelas orientações informais.

Aos moradores de Itapuama que abriram suas residências para o acolhimento da pesquisa, ao líder comunitário Estêvão que facilitou o contato com os moradores, aos companheiros de pesquisa Roberta, Adriano, Arthur e Eduardo, ao setor de transporte da UACSA que sempre se esforçou pelas coletas da pesquisa.

Aos laboratoristas Ana Paula da Compesa, Fábio da UPE e Iago do LSA UFPE, e a todos que direta ou indiretamente tornaram possível a realização desse trabalho.

*“Sê humilde para evitar o orgulho,  
mas voa alto para alcançar a  
sabedoria.”*

*Santo Agostinho de Hipona*

## RESUMO

Comunidades quando não são atendidas de maneira satisfatória por sistemas de abastecimento de água buscam fontes alternativas para a sua captação, muitas vezes as soluções adotadas são os poços. Águas subterrâneas habitualmente possuem qualidade superiores às águas superficiais, no entanto, a profundidade dos poços e o aumento da concentração de poluentes antrópicos nos solos tem evidenciado risco para essas águas. Este estudo visa verificar a influência de fatores antrópicos em águas subterrâneas da comunidade de Itapuama, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. Para isso, foram analisados solos e águas subterrâneas de três poços da região. Além disso, foi verificado dentro de um raio de 30 metros do eixo vertical de cada poço, a presença de fossas negras e sépticas. Para os solos, foram realizados ensaios de caracterização, permeabilidade e fertilidade completa, enquanto que para as águas foram analisados, durante 15 semanas, pH, salinidade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor real, cor aparente, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e a presença de coliformes totais e termotolerantes. Com os resultados obtidos foi verificado que a porosidade e a permeabilidade dos solos favorecem ou favorecem parcialmente a percolação de líquidos nos interstícios entre os grãos. Constatou-se ainda a presença de muitas fossas dentro da área de influência do poço, o que favorece a concentração de nutrientes e de coliformes no solo e na água, respectivamente. Os resultados das análises das águas indicaram oxigênio dissolvido baixo, condutividade elétrica alta, e a presença de coliformes totais e termotolerantes. Estes resultados apontam possível contaminação por esgotos domiciliares, em escala decrescente (poço B, A e C), e evidencia a preocupação com a saúde pública de seus usuários, apontando para a necessidade de tratamento prévio desta água.

Palavras-chave: Itapuama. Influências antrópicas. Qualidade das águas subterrâneas.

## **ABSTRACT**

Communities when they are not satisfactorily served by water supply systems seek alternative sources for their capture, often the solutions adopted are the wells. Groundwater is usually of higher quality than surface water; however, the depth of the wells and the increasing concentration of anthropogenic pollutants in soils have shown a risk to these waters. This study aims to verify the influence of anthropic factors in groundwater of the community of Itapuama, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. For this, soil and groundwater were analyzed from three wells in the region. In addition, the presence of black cesspools and septic tanks was verified within a radius of 30 meters from the vertical axis of the well. The soils were performed by characterization tests, permeability and complete fertility, while groundwater was analyzed for 15 weeks pH, salinity, total dissolved solids, turbidity, real color, apparent color, electrical conductivity, dissolved oxygen and the presence of total coliforms and thermotolerant coliforms. With the obtained results, it was verified that the porosity and the permeability of the soils favor or partially favor the net percolation in the interstices between the grains. It was also verified the presence of many fossa within the area of influence of the well, which favors the concentration of nutrients and coliforms in the system. The results of the water analysis indicated low dissolved oxygen, high electrical conductivity and presence of total and thermotolerant coliforms. These results indicate possible contamination by household sewage, in decreasing scale (well B, A and C), and evidences the concern with the public health of its users, pointing to the need for previous treatment of this water.

keywords: Itapuama. Anthropic influences. Quality of groundwater.

## ABREVIATURAS

**ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
**ANA.** Agência Nacional de Águas;  
**APAC.** Agência Pernambucana de Águas e Clima;  
**CIESA.** Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e Saúde Ambiental;  
**CONDEPE/FIDEM.** Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco;  
**CPRH.** Agência Estadual de Meio Ambiente;  
**CPRM.** Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais;  
**EECAC.** Estação Experimental de Cana-de-Açúcar;  
**EMBRAPA.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;  
**EPS.** Poliestireno Expansível;  
**ETA.** Estação de Tratamento de Água;  
**IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
**LSA-UFPE.** Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco;  
**NBR.** Norma Brasileira;  
**NMP.** Número mais provável;  
**PVC.** Policloreto de Vinila;  
**SNIS.** Sistema Nacional sobre o Saneamento;  
**SRH.** Secretaria de Recursos Hídricos;  
**UACSA.** Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho;  
**UFAL.** Universidade Federal de Alagoas;  
**UFPR.** Universidade Federal do Paraná;  
**UFRPE.** Universidade Federal Rural de Pernambuco;  
**UNESCO.** Organização das Nações Unidas para a Educação, a ciência e a Cultura;  
**UNESP.** Universidade Estadual Paulista;  
**UPE.** Universidade de Pernambuco  
**VMP.** Valor Máximo Permitido;  
**%.** Percentual;  
**‰.** Por mil;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Índice de atendimento urbano por rede coletora de esgoto-----	16
Figura 02- Localização do município do Cabo de Santo Agostinho-----	18
Figura 03- Precipitações mensais médias do Cabo de Santo Agostinho-----	20
Figura 04- Isoieta do cabo de Santo Agostinho-----	20
Figura 05- Evapotranspiração do município do Cabo de Santo Agostinho-----	21
Figura 06- Domínios morfoestruturais do Cabo de Santo Agostinho-----	22
Figura 07- Localização dos poços na comunidade de Itapuama-----	24
Figura 08- Ensaio do frasco de areia-----	26
Figura 09- Ensaio de peneiramento do solo grosso e fino-----	27
Figura 10- Ensaio de sedimentação-----	28
Figura 11- Ensaio do picnômetro-----	29
Figura 12- Ensaio do limite de liquidez do poço C-----	29
Figura 13- Amostras de solos separadas para o ensaio de fertilidade completa--	31
Figura 14- Águas coletadas para ensaios físico-químicos-----	32
Figura 15- Amostras de água para o ensaio microbiológico-----	33
Figura 16- Locação de fossas em torno do poço A-----	35
Figura 17- Locação de fossas em torno do poço B-----	35
Figura 18- Locação de fossas em torno do poço C-----	36
Figura 19- Curva granulométrica do solo do poço A-----	39
Figura 20- Curva granulométrica do solo do poço B-----	39
Figura 21- Curva granulométrica do solo do poço C-----	40
Figura 22- Limite de Liquidez do solo do poço A-----	41
Figura 23- Limite de Liquidez do solo do poço C-----	41
Figura 24- Cor real e aparente do poço A-----	47
Figura 25- Cor real e aparente do poço B-----	47
Figura 26- Cor real e aparente do poço C-----	48
Figura 27- Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço A-----	49
Figura 28- Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço B-----	50
Figura 29- Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço C-----	50
Figura 30- Registros fotográficos do poço B-----	51
Figura 31- Gráfico de quantificação da influência das variáveis-----	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Aspectos de construtibilidade e distância para o mar dos poços-----	25
Quadro 02- Ensaio realizado de caracterização físico-química e microbiológica-----	32
Quadro 03- Quantidade de fossas na área de influência do poço-----	36
Quadro 04- Resultados dos ensaios realizados <i>in loco</i> nas coletas de solos-----	37
Quadro 05- Índices físicos dos solos dos poços estudados-----	38
Quadro 06- Porcentagem das frações presentes dos solos dos poços-----	40
Quadro 07- Limites de Liquidez, plasticidade e índice de plasticidade dos solos----	41
Quadro 08- Classificação dos solos pelo SUCS-----	42
Quadro 09- Coeficientes de permeabilidade-----	43
Quadro 10- Fertilidade dos poços dos solos dos poços-----	43
Quadro 11- pH médio das águas dos poços-----	44
Quadro 12- Salinidade média das águas dos poços e distâncias para o mar-----	45
Quadro 13- STD e turbidez das águas dos poços-----	46
Quadro 14- Condutividade elétrica das águas dos poços-----	48
Quadro 15- Número mais provável de coliformes dos poços-----	52
Quadro 16- Quantificação das variáveis para o poço A-----	52
Quadro 17- Quantificação das variáveis para o poço B-----	53
Quadro 18- Quantificação das variáveis para o poço C-----	54

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	15
1.1. Considerações iniciais	15
1.2. Objetivo	18
1.2.1. Objetivo Geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DE ITAPUAMA</b>	18
2.1. Localização	18
2.2. Hidrologia da região	19
2.2.1 Precipitação	20
2.2.2. Evapotranspiração	21
2.3. Geologia e Pedologia da região	22
2.4. Aquífero da região	23
2.5. Ocupação humana	24
<b>3. METODOLOGIA</b>	24
3.1. Área de estudo	24
3.2. Aferição das distâncias entre o poço e as Fossas	26
3.3. Coletas e ensaios realizados com os solos	26
3.3.1. Ensaio de Campo	26
3.3.2. Ensaio de caracterização	27
3.3.3. Ensaio de Permeabilidade	31
3.3.4. Ensaio de fertilidade completa	31
3.4. Coletas e ensaios realizados com as águas dos poços	32
3.4.1. Coletas das amostras	32
3.4.2. Ensaio realizados	33
3.5. Correlação entre os dados	34
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	35
4.1. Distâncias entre as fossas e os poços	35
4.2. Resultados dos ensaios de solos	37
4.2.1. Resultados dos ensaios de campo	37
4.2.2. Resultados dos ensaios de caracterização	38
4.3. Resultados dos ensaios com as águas dos poços	45
4.3.1 pH	45
4.3.2. Salinidade	46
4.3.3. Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez	47
4.3.4. Cor real e cor aparente	47
4.3.5. Condutividade elétrica	49
4.3.6. Oxigênio Dissolvido	50
4.3.7. Coliformes Totais e Termotolerantes	52
4.4. Correlação entre os Dados	53
4.4.1. Poço A	53
4.4.2. Poço B	54

4.4.3. poço C	54
4.4.4. Quantificação da influência das variáveis	55
<b>5.CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>58</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais

O uso das águas é importante para todas as atividades da vida humana, por isso, um dos critérios para o uso e ocupação do solo sempre foi a proximidade a ela. Até então, pouco se conhecia do subsolo dessas áreas, mas nele se encontra um volume de água doce até maior que na superfície. Segundo dados da Unesco (1978) apud Midões, Fernandes & Costa (2001), das águas doces presentes no globo, 77% são glaciares ou estão nos icebergs, 22% são águas subterrâneas e somente 1% são águas superficiais. Essas águas subterrâneas, além da grande disponibilidade, apresentam excelente qualidade, mostrando-se aptas para o consumo humano e barateando inclusive o custo com tratamento, ANA (2005) apud Conceição *et al.* (2014). Vale salientar, segundo Helbel, Nunes & Marchetto (2008), que esta água subterrânea é mundialmente imprescindível, sobretudo para as populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento, ou então, para as populações que têm acesso, mas com frequência irregular de abastecimento.

De acordo com a ANA (2007) no estado do Maranhão mais de 70% das cidades usam água de poço, enquanto que no estado do Piauí supera os 80%. Já em Recife, segundo Costa (2000), o número de poços triplicou depois de um período de seca que ocorreu nos anos de 98/99 e, com isso, cerca de 60% da água ofertada na capital era subterrânea.

O maior desafio para o gerenciamento de recursos hídricos é de cumprir um dos objetivos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (2019), que visa assegurar para a atual e para as futuras gerações a disponibilidade de água em padrão de qualidade adequado. Além da variabilidade dos fenômenos hidrológicos, resta ainda a tarefa de minimizar a influência antrópica na qualidade destas águas subterrâneas.

As principais fontes de contaminação de águas subterrâneas em centros urbanos, de acordo com a ANA (2007), são as fossas, os resíduos sólidos, os postos de combustíveis e os cemitérios. Além disso, aspectos de construtibilidade dos poços também podem intensificar esta contaminação.

De acordo com Midões, Fernandes & Costa (2001) os efluentes domésticos contém sais minerais, matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis, vírus e microorganismos fecais. Neste sentido, pesquisadores têm procurado ver a influência antrópica na contaminação de poços, sobretudo, pela presença da matéria orgânica e de microorganismos fecais.

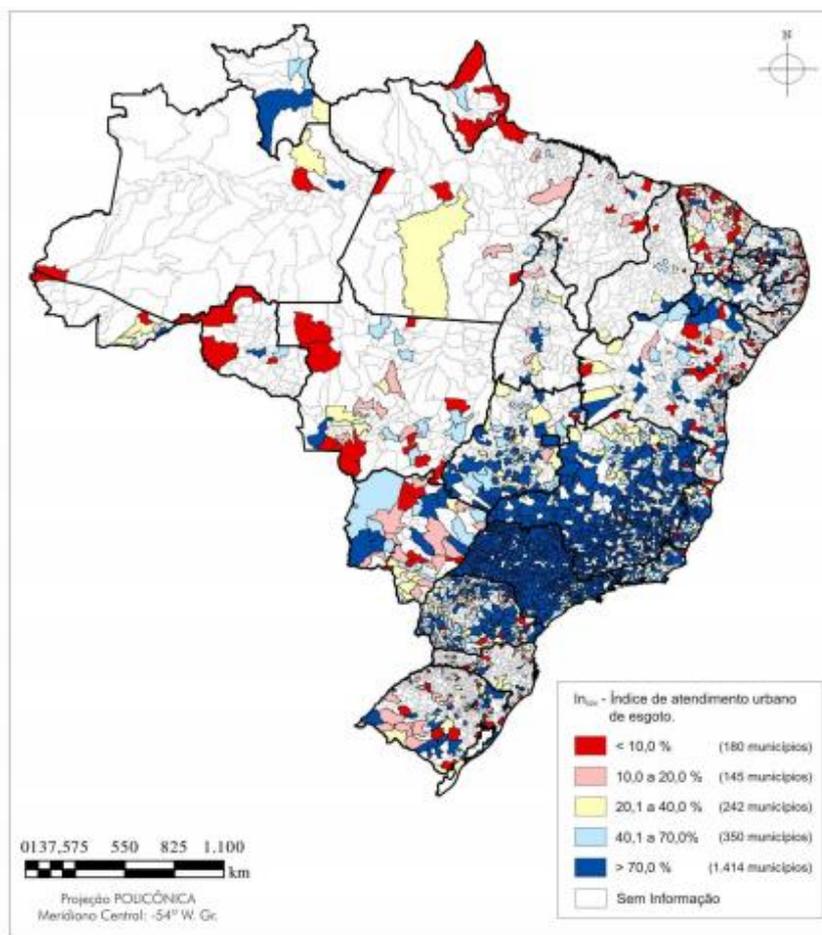
Rosa *et al* (2004) analisou a qualidade microbiológica em 67 poços no município de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, e constatou a presença de coliformes fecais em 44,78% das amostras, e ainda *Escherichia coli* em 28,36%. Camargo & Paulosso (2009) analisaram também a contaminação microbiológica, no município de Carlinda no Mato Grosso. Neste estudo, foram analisados 12 poços durante o período de seca e o chuvoso, e foi obtida a presença de *Escherichia coli* em 91% das amostras do período chuvoso, contra 79% das amostras no período seco.

Oliveira (2011) analisou 62 amostras de poços da zona rural no município do Cabo de Santo Agostinho em Pernambuco e detectou que 88,14% das amostras se apresentaram fora do padrão microbiológico, e ainda que em 65,38% foram evidenciadas a presença da *Escherichia coli*. Essa contaminação de poços de diversas regiões no Brasil só evidencia a problemática da falta de saneamento básico em todo o País.

A falta de saneamento é também um gargalo para a saúde pública. Segundo Ribas & Fiorini (2004) aproximadamente cinquenta infecções podem ser veiculadas pelos efluentes domésticos. Neste sentido, o investimento no saneamento básico é também uma medida preventiva de saúde pública. O ex-ministro da Saúde Ricardo Barros (2017) explanou no I Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e Saúde Ambiental (CIESA) que a cada real gasto com saneamento são economizados nove reais em saúde.

Na Figura 01, é possível observar a representação espacial do índice de atendimento urbano de esgoto dos municípios brasileiros, cujos prestadores de serviço são participantes do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento- SNIS do Ministério das Cidades, BRASIL (2014).

Figura 01.: Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgoto.



Fonte:BRASIL (2014).

De acordo com Brasil (2014) o ministério das cidades calcula o índice a partir dos valores de atendimento dos prestadores de serviços correlacionados com o último censo do IBGE, levando em consideração as redes coletoras de esgotos em funcionamento. Com poucas cidades conectadas às redes coletoras de esgotos, fica ainda mais desafiador controlar os possíveis pontos de contaminação das águas subterrâneas.

Normalmente, as fossas sépticas são utilizadas nos casos em que a rede coletora não consegue atuar, muito embora exijam procedimentos técnicos em sua construção e manutenção. Tortora, Funke e Case (2005) *apud* Camargo e Paulosso (2009), por exemplo, defendem a distância mínima de 30 metros entre a fossa séptica e o poço tubular e/ou cacimba. Recomendações como essa são cruciais para a uso sustentável da água de poço, muito embora a população esteja longe de uma orientação profissional adequada.

Há ainda, os casos de uso de fossas negras, construções mais rudimentares, que acabam oferecendo um risco alto de contaminação da água do lençol freático.

Segundo Souza (2015) essas escavações contaminam o solo e a água por não possuírem impermeabilização com o meio externo, causando, portanto, infiltrações nas paredes e percolação no solo. Faustino (2007) explica que no interior dessas fossas acontecem reações na matéria orgânica presente nas fezes, em virtude da intensa atividade microbiana, e resultam em chorume, altas concentrações de nitrato e coliformes fecais.

## 1.2. Objetivo

### 1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é verificar a influência de fatores antrópicos em águas subterrâneas da comunidade de Itapuama, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar a caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas de poços freáticos da comunidade de Itapuama- Pernambuco;
- Analisar em um raio de 30 metros ao redor do eixo vertical do poço a presença de pontos de contaminação, sobretudo fossas negras e/ou sépticas;
- Coletar o solo limítrofe ao poço freático e realizar ensaios de caracterização física e nutricional;
- Correlacionar os dados de caracterização da água, solo e ocupação humana, apontando os riscos de contaminação antrópica das águas subterrâneas.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DE ITAPUAMA

### 2.1. Localização

A comunidade de Itapuama está localizada na região costeira do município do Cabo de Santo Agostinho, Região Metropolitana de Recife, Pernambuco. Segundo o IBGE (2010) *apud* Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho (2014), o município dista 33,6 Km da capital do estado e possui uma área de 447,88km<sup>2</sup>. Além disso, apresentou no censo demográfico de 2010 população de 185.123 habitantes

resultante de um crescimento médio anual de 1,92%, entre 2000 e 2010. Na Figura 02 é possível observar a localização do mesmo.

Figura 02.: Localização do território estratégico de Suape onde está inserido o município do Cabo de Santo Agostinho.



Fonte.: CONDEP/FIDEM(2012) *apud* Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho (2014).

Segundo o Projeto Orla da Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho (2010) a orla municipal da cidade possui um perímetro de 24 Km, na qual Itapuaçu é a segunda praia ao norte do município.

## 2.2. Hidrologia da região

Dentre as variáveis que influenciam no balanço hídrico e na recarga de aquíferos de uma região, destacam-se a Precipitação e Evapotranspiração. De acordo com o manual de hidrologia básica da Unesp (2019), entende-se por precipitação, como toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Segundo Tucci (1993) a chuva é o tipo de precipitação mais importante para os estudos hidrológicos, devido a sua capacidade de produzir escoamentos.

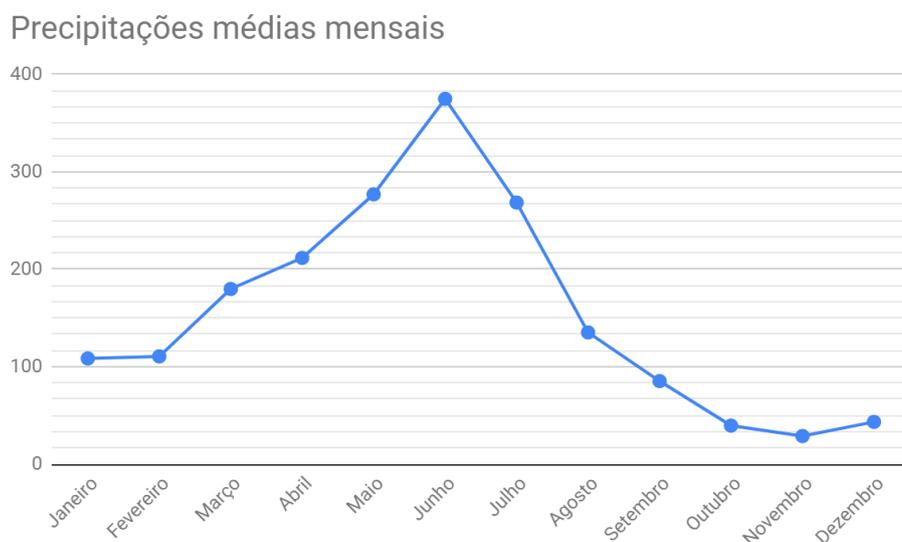
Embora sejam fenômenos bem diferentes, é difícil separar o processo da evaporação da transpiração, sobretudo em solos com cobertura vegetal. Daí a importância da Evapotranspiração. Segundo Unesp (2019), na evaporação, a água é transformada em vapor proveniente da superfície do solo, enquanto que na

transpiração, a vegetação retira a água do solo através de suas raízes, usufruem de uma pequena fração e devolvem o restante através das superfícies folhosas sob a forma de vapor, Secretaria de Recursos Hídricos (2010).

### 2.2.1 Precipitação

Freitas Costa (2018) analisou dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) de 06 estações pluviométricas do Cabo de Santo Agostinho durante o período de 1987 e 2017 (30 anos) e observou que a precipitação média anual para o município é de 1863,3mm, com trimestre chuvoso ocorrendo em maio, junho e julho, conforme Figura 03. Ainda segundo o autor, o trimestre chuvoso representa 49,1% do valor anual precipitável, enquanto que o trimestre seco representa em torno de 9% do valor total.

Figura.: 03 Precipitações médias mensais do Cabo de Santo Agostinho em (mm) no período de 1987-2017 (30 anos).

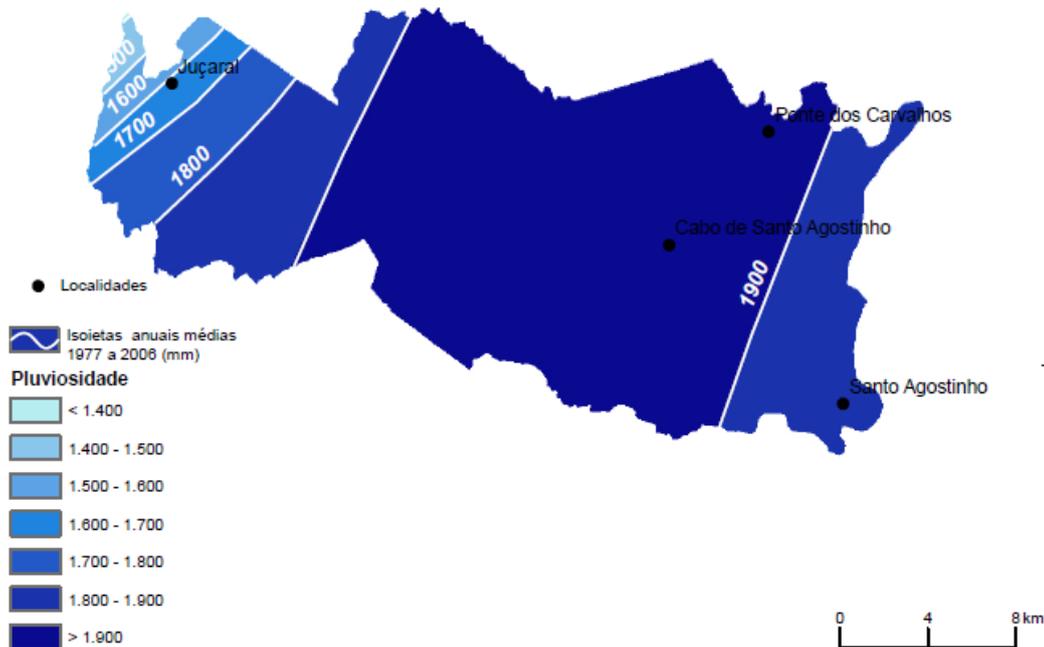


Fonte: Adaptado de Freitas Costa (2018).

Os valores acima apresentados são médias com relação a todo o município, sendo necessário dados mais restritos quanto ao campo amostral.

Para uma análise mais criteriosa, no gráfico de Isoietas, apresentado por CPRM (2011), é possível a obtenção das precipitações mensais do município. (Figura 04).

Figura 04.: Isoieta do cabo de Santo Agostinho.



Fonte: CPRM(2011).

A comunidade de Itapuama está situada em uma zona onde a pluviosidade anual está entre 1800 e 1900 mm, perdendo apenas para a região central do município que ultrapassa os 1900mm.

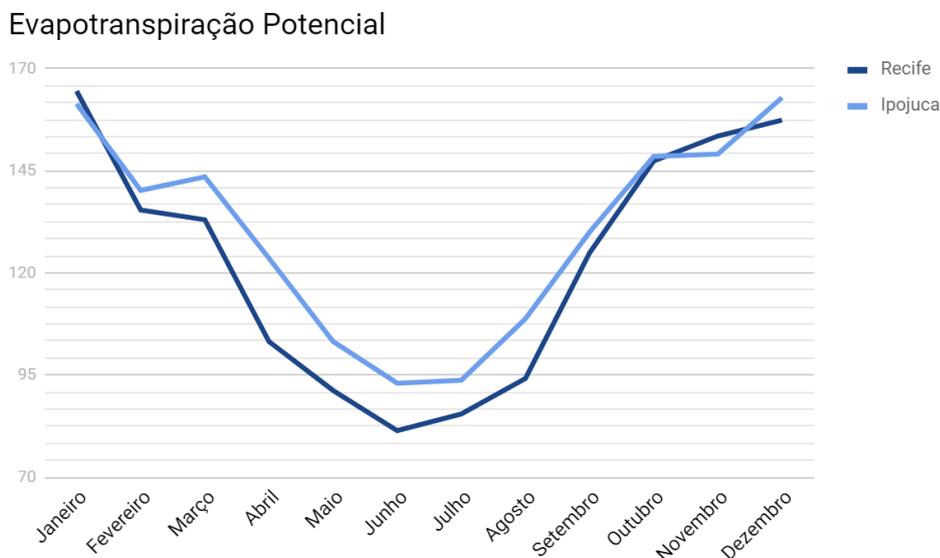
### 2.2.2. Evapotranspiração

A evapotranspiração da comunidade de Itapuama foi estimada por analogia da Bacia do Rio Ipojuca, mais especificamente, a parcela da bacia que deságua no município de Ipojuca, tendo em vista que esta cidade é vizinha ao sul do Cabo de Santo Agostinho.

A Secretaria de Recursos hídricos (2010) calculou a evapotranspiração através da função da evapotranspiração potencial de *Hargreaves*, tendo por variáveis: fator de latitude, temperatura média mensal (°C) e umidade relativa média mensal (%). Apesar da extensão da Bacia do Ipojuca em diversas regiões de Pernambuco, foi considerado neste estudo a evapotranspiração potencial costeira. Segundo os estudos da SRH (2010) a evapotranspiração potencial média anual do município de Ipojuca é de 1558,01 mm, enquanto que no Recife é de 1471,59mm.

Dessa forma, espera-se que a evapotranspiração no Cabo de Santo Agostinho esteja dentro dessa faixa. Na Figura 05 observa-se a evapotranspiração potencial média das cidades Ipojuca e Recife.

Figura 05.: Distribuição mensal média da evapotranspiração do Cabo de Santo Agostinho.



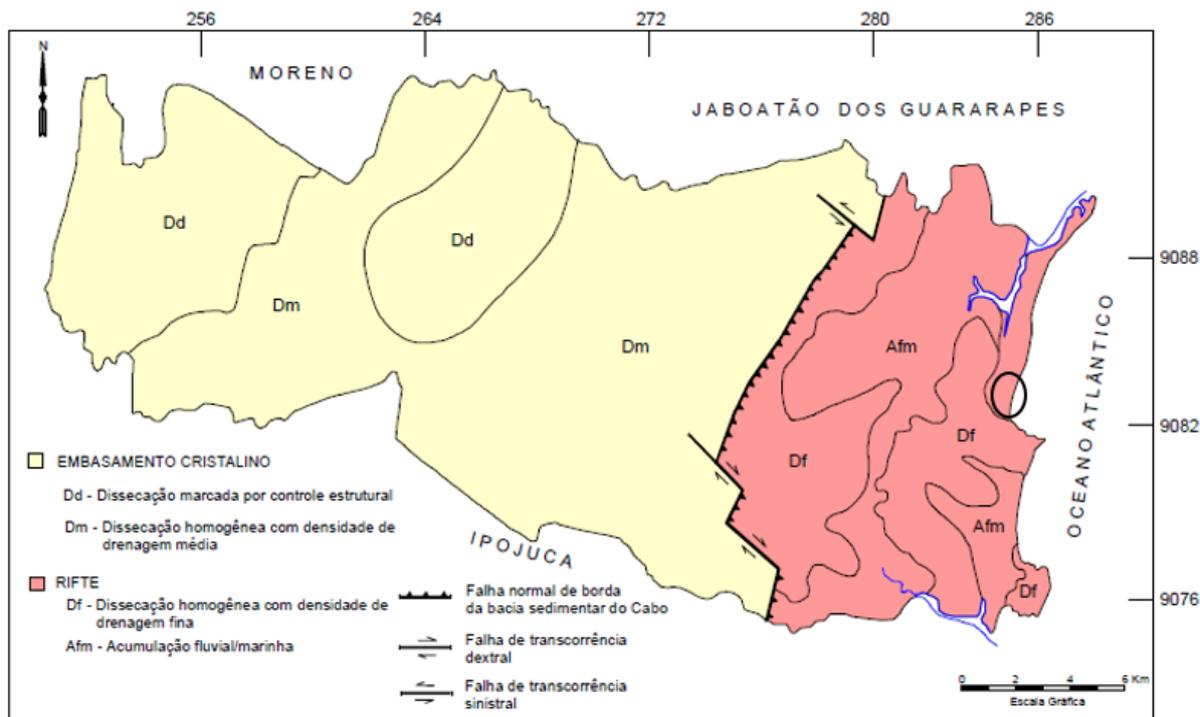
Fonte.: Adaptado SRH(2010).

Como era de se esperar os meses que possuem mais chuva são os meses que apresentam as menores faixas de evapotranspiração, tendo em vista que a temperatura média mensal diminui.

### 2.3. Geologia e Pedologia da região

De acordo com Assis (1999) o município do Cabo de Santo Agostinho se insere em dois domínios morfoestruturais: o domínio do embasamento a oeste e o domínio *rifte* a leste. Ele afirma ainda que o embasamento a oeste, cristalino, é constituído por rochas de idade pré-cambriana que formam terrenos gnáissicos-migmáticos, enquanto que o *rifte* é composto por uma sequência vulcano-sedimentar (formação Cabo, formação algodoais e formação Ipojuca), que repousa sobre o embasamento. A comunidade de Itapuama está inserida na parte do domínio *rifte*, mais precisamente na área circulada (Figura 06), recoberto por sedimentos recentes de acumulação fluvial e marinha.

Figura 06.: Domínios morfoestruturais do Cabo de Santo Agostinho.



Fonte: Assis (1999).

De acordo com CPRM (2001) *apud* Guimarães, Mariano e Sá (2017), a região de Itapuaçu têm duas influências litológicas, a primeira da formação algodoads mais a oeste e a segunda cobertura holocênica mais a leste. Monteiro (2000) *apud* Silva *et al.* (2008) discorre que os terraços marinhos holocênicos são em sua litologia areias de praia com conchas, enquanto que a formação algodoads são arenitos compostos de fragmentos angulosos de quartzo e feldspato em matriz mais fina areno-argilosa, com coloração avermelhada.

De acordo com Embrapa (1996) *apud* Assis (1999) os solos da região de Itapuaçu são constituídos por areias marinhas, vindo portanto a somar com os terraços marinhos holocênicos.

#### 2.4. Aquífero da região

Costa Filho & Costa (2000) afirmam que no estado de Pernambuco 84% da região é composta por rochas cristalinas e cristalofílicas e que a potencialidade hídrica dessa região é de 4,5 vezes menor que a potencialidade hídrica do resto do estado, tendo em vista que a primeira região só pode formar aquíferos fissurais e a segunda aquíferos intersticiais.

De acordo com a CPRM (2013) o aquífero presente na orla marinha da praia de Itapuama é o aquífero intersticial algodoais que está sendo explorado na região com poços tubulares com profundidade média de 27,6 metros, na condição de freático, e apresenta água com resíduo seco em torno de 100 mg/L. Segundo Santos *et al. apud* CPRM (2013) a condutividade hidráulica do aquífero foi avaliada em  $1,5 \times 10^{-4} m/s$  e a porosidade eficaz em  $1 \times 10^{-2}$ . A CPRM (2013) afirma ainda que a vulnerabilidade a contaminação é moderada para o aquífero, mas pode chegar a alta em locais com alta permeabilidade do solo e baixa profundidade do poço.

## 2.5. Ocupação humana

A praia de Itapuama tem como confinantes a praia do Paiva ao norte e a praia do Xaréu ao sul. De acordo com CPRH (2019) a comunidade de Itapuama é densamente ocupada com imóveis de diferentes padrões, desde a pequena casa de baixa renda, passando pela de alto padrão (normalmente utilizada como veraneio), até as comerciais de hospedagem. O órgão ainda afirma que a comunidade conta com uma área de assentamento irregular na faixa mais distante da orla, enquanto que na faixa de areia contam com bares/restaurantes, construídos em madeira e que não apresentam abastecimento de água e esgotamento sanitário. Itapuama também apresenta um canal de drenagem natural com evidências de poluição. Segundo a CPRH (2019) a maioria dos imóveis da faixa de areia possuem sistemas de eliminação dos resíduos líquidos. Praticamente todos os imóveis da comunidade dispõem de águas provenientes de poços artesianos e o lixo é coletado pelo serviço de limpeza da prefeitura.

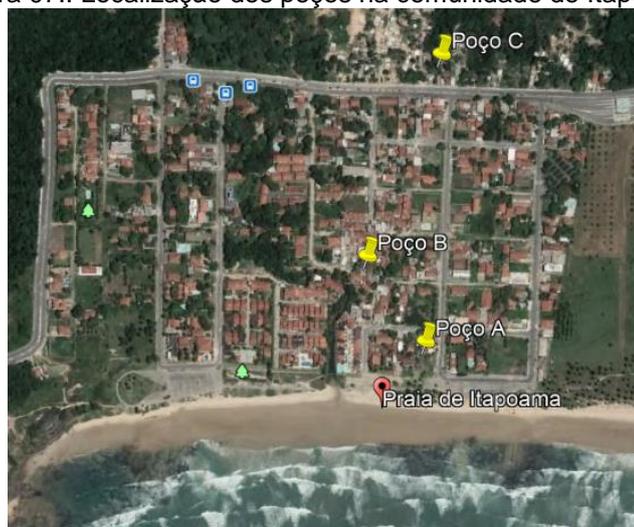
## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Área de estudo

Foram escolhidos três poços freáticos rasos (cacimbas) da região de Itapuama conforme a provável susceptibilidade às contaminações antrópicas e ao padrão de ocupação (Figura 07). Neste sentido, foram escolhidos: Poço A - poço de uma Pousada na faixa de areia; Poço B - poço comunitário numa região com casas

de baixa renda e padrão desordenado; Poço C - poço numa região com assentamentos irregulares.

Figura 07.: Localização dos poços na comunidade de Itapuama.



Fonte: Google Earth.

No Quadro 01 observa-se informações relevantes sobre os poços, coletadas em entrevistas com seus responsáveis e aferidas com o *google Earth*.

Quadro 01.: Aspectos de construtibilidade e distância para o mar dos poços rasos de Itapuama.

Poços	Distâncias (m)		Revestimento do poço
	Profundidade	Distâncias aproximadas para o mar	
A	7,00	150,00	Manilhas de concreto e alvenaria de blocos cerâmicos, apresentando patologias
B	8,00	275,00	Manilhas de concreto e alvenaria de blocos, apresentando corrosão do aço e rachaduras
			Alvenaria de blocos cerâmicos nas camadas mais

<b>C</b>	Entre 16,00 e 17,00	590,00	profundas, ausência de revestimento nas camadas superiores
----------	------------------------	--------	--

Fonte: Autor e *Google Earth*.

### 3.2. Aferição das distâncias entre o poço e as Fossas

Para a identificação das Fossas Negras e Sépticas foi necessário identificar no *Google Earth* onde estavam os poços estudados e traçar circunferências de raio 30 metros, com centro no eixo vertical dos poços. As áreas demarcadas foram identificadas in loco a partir de visitas de campo. Essas vistorias foram realizadas para localização efetiva das fossas, avaliação das condições de construtibilidade, juntamente com entrevistas dos respectivos moradores, para informações adicionais a respeito de pós-tratamento do sistema. De posse dos dados de localização das fossas, foram demarcadas no *google earth* e aferidas as distâncias entre elas e o poço estudado.

### 3.3. Coletas e ensaios realizados com os solos

#### 3.3.1. Ensaio de Campo

Para a análise e caracterização física do solo foram coletados 6kgs de amostras deformadas de solo e foram realizados ensaios de campo para registro das características de massa específica e umidade no local. Para a obtenção da massa específica aparente *in situ* foi utilizado o método do frasco de areia, de acordo com a NBR 7185 (2016), conforme Figura 8.

Figura 8.: Ensaio do frasco de areia para obtenção da massa específica aparente *in situ* em torno do Poço A e poço C, respectivamente.



Fonte: Autor.

Para a determinação da umidade foram realizados ensaios pelo método *Speedy* seguindo as orientações do equipamento, frigideira realizando três queimas do solo com álcool 100% e estufa coletando três cápsulas por poço. As amostras que seguiram para a estufa foram envolvidas com filme de PVC, armazenadas em caixa de EPS e transportadas para o laboratório de mecânica dos solos da UFRPE/UACSA.

### 3.3.2. Ensaio de caracterização

Para a caracterização do tipo de solo foi necessário a realização do ensaio de granulometria, densidade real dos grãos e dos limites de *Atterberg*. As amostras que foram separadas para o ensaio de granulometria, segundo as recomendações normativas NBR 6457 (2016) foram: 1 kg do solo do poço A e C, que apresentavam diâmetros inferiores a 5 mm, e 4 kgs do solo do poço B, que apresentavam diâmetros entre 5 e 25 mm. Os solos separados passaram na peneira 2,0 mm, e o material retido foi lavado em água corrente, colocado em estufa e, após secagem, foi realizado o peneiramento grosso das amostras de acordo com a NBR 7181 (2016). Observa-se na Figura 09 as amostras no peneirador mecânico da marca Matest de onde foram agitadas a 60 rpm durante 10 minutos.

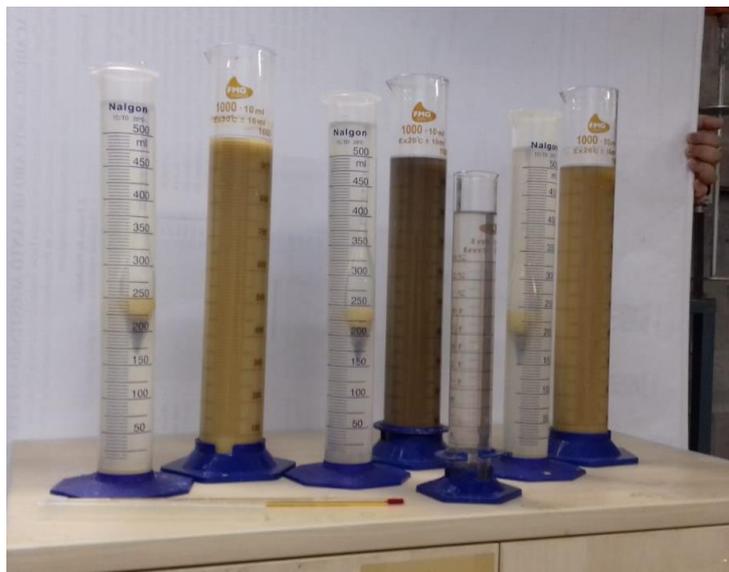
Figura 09.: Ensaio de peneiramento grosso e fino do solo proveniente do poço A no peneirador mecânico.



Fonte: Autor.

Para o ensaio de granulometria foi necessário ainda a realização do ensaio de sedimentação, para este, foi separado do material passante 70 g para os solos dos poços A e C, que aparentavam ser mais argilosos, e 120 g para o solo do poço B, que aparentava ser mais arenoso. Depois de pesados foram dispostos em recipientes que continham 5,72 g de defloculante (hexametáfosfato de sódio) diluídos em 125 ml de água destilada de onde ficaram em repouso por cerca de 15 horas. Depois do tempo de reação do defloculante o material foi misturado em copo de dispersão durante 15 minutos e foi colocado nas provetas para a realização das leituras do densímetro e da temperatura (Figura 10).

Figura 10.: Ensaio de sedimentação com solos dos poços A,B e C, respectivamente.



Fonte: Autor.

Realizado o ensaio de sedimentação o solo da proveta foi lavado na peneira 0,075 mm, posto em estufa e após a secagem, realizou-se o peneiramento do solo fino, como visto na Figura 09.

Para a construção da curva granulométrica foi necessário ainda a realização do ensaio de densidade real dos grãos pelo método do picnômetro, seguindo as recomendações normativas da NBR 6458 (2016). Para tal ensaio, o solo foi passado na peneira de 4,8 mm, sendo separado 50 gramas do solo passante, colocado imerso em água por 24 horas, em seguida agitado no copo dispersor por 15 minutos e disposto no picnômetro onde o ar foi retirado com o auxílio de uma bomba a vácuo (Figura 11).

Figura 11.: Ensaio do picnômetro do solo do poço B, (a) durante a extração do ar com a bomba a vácuo, (b) após o ensaio.



Fonte: Autor.

Com a massa específica do solo *in situ* foi obtido o peso específico do solo seco e relacionando com a densidade real dos grãos e a umidade do solo em campo foram obtidos alguns índices físicos do solo, sendo eles: índice de vazios, porosidade e grau de saturação. Os limites de *Atterberg* foram realizados seguindo as normas NBR 6459 (2016) e NBR 7180 (2016) para limite de liquidez e limite de plasticidade, respectivamente. Para os limites foram separados 300 gramas de solos passantes na peneira de 0,42 mm. Observa-se na Figura 12 o aparelho de Casagrande utilizado no ensaio para a determinação do limite de liquidez.

Figura 12.: Retirada de amostra após o ensaio do limite de liquidez do solo do poço C.



Fonte: Autor.

Para os ensaios de plasticidade foram realizadas 05 amostras para o solo do poço A e C, tendo em vista que o B foi classificado como não plástico. Para o ensaio

de limites de liquidez foram realizados 5 pontos, próximos de 10, 20, 30, 40 e 50 golpes para o melhor ajuste da reta do ensaio.

### 3.3.3. Ensaio de Permeabilidade

Para representar as condições de campo no laboratório foi calculado o peso específico seco do solo através do peso específico do solo natural e foram aferidas as dimensões do molde do *proctor* normal. Com essas informações foi possível a obtenção da massa de solo a ser compactado no molde do *proctor*, e com o teor de umidade foi obtido a massa de água adicionada ao solo para a representação das condições de campo.

Depois de obtidas essas informações foi realizada a homogeneização do material e realizada a compactação com três camadas. Depois de compactados os corpos de prova foram levados para o Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade de Pernambuco para a realização do ensaio de permeabilidade. Segundo as recomendações normativas da NBR 14545 (2000), os corpos de prova foram parafinados e postos nos moldes cilíndricos do ensaio de permeabilidade, que já estavam com a camada drenante da base e impermeabilizados nas laterais com lama bentonítica, finalizado com a outra camada drenante do topo. O permeâmetro com o corpo de prova foi saturado durante três dias e logo depois foi realizado o ensaio de permeabilidade através do permeâmetro a carga variável.

### 3.3.4. Ensaio de fertilidade completa

Foram separados 300 gramas de cada um dos três tipos de solos coletados no campo para serem enviados para a Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC- UFRPE), de onde foram realizados os ensaios de fertilidade completa, Figura 13. A fertilidade completa consiste na determinação dos macro e micronutrientes do solo.

Figura 13.: Solos que foram separados para o ensaio de fertilidade completa.



Fonte: Autor.

### 3.4. Coletas e ensaios realizados com as águas dos poços

#### 3.4.1. Coletas das amostras

Com base nos poços A, B e C, as coletas de água foram realizadas durante 15 semanas para os ensaios de caracterização físico-química da água e 01 semana para a caracterização microbiológica, sendo realizada uma coleta a cada semana. O período escolhido foi a ascensão do período chuvoso na curva de precipitação média, leia-se de fevereiro a junho, tendo em vista o período sugerido para a pesquisa.

As coletas foram realizadas nos mesmos pontos de consumo dos usuários: no poço A foram feitas por meio de uma mangueira diretamente conectada a bomba do poço; no poço B, coletada diretamente do poço com o auxílio de um balde e no poço C por meio de um chuveiro externo de uma das residências abastecidas por este.

Os procedimentos de limpeza e coletas foram baseados no manual técnico para coleta de amostras de água da Ufal (2009), com exceção da refrigeração das mesmas, tendo em vista que a coleta e transportes eram feitos em pouco mais de uma hora.

### 3.4.2. Ensaio realizados

As amostras coletadas (Figura 14) eram levadas para o laboratório de Saneamento da UACSA/UFRPE, para realização dos ensaios de caracterização para determinação dos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais, salinidade e colorimetria (Quadro 02).

Figura 14.: Coletas de água para ensaios físico-químicos. (a) água da compesa, (b) poço A, (c) poço C, (d) poço B.



Fonte: Autor.

Para colorimetria foram determinadas a cor aparente e cor real. Para esta, a amostra era filtrada em biofilme de 0,45  $\mu\text{m}$ . Para os ensaios de turbidez, as amostras devidamente acondicionadas seguem para o Laboratório Operacional da ETA Gurjaú, conforme Quadro 02.

Quadro 02.:Ensaio realizados de caracterização físico-química e microbiológica, equipamentos utilizados nas análises e laboratórios.

Laboratório	Parâmetro	Equipamento
Saneamento da UACSA	Oxigênio dissolvido, pH, Condutividade elétrica, Sólidos Totais e Salinidade	Multiparâmetro ( <i>Hanna HI9829</i> )
	Cor Real e Cor Aparente	Colorímetro de bolso ( <i>Hanna HI727</i> )

<b>ETA Gurjaú</b>	Turbidez	Turbidímetro de bancada ( <i>Hach 2100 N Turbidimeter</i> )
<b>Saneamento Ambiental da UFPE</b>	Coliformes Totais e Termotolerantes	<i>Quanti- Tray/2000</i>

Fonte: Autor.

A coleta para o ensaio microbiológico foi baseada no manual técnico para coleta de amostras de água da Ufal (2009), onde os recipientes foram previamente esterilizados e as amostras devidamente acondicionadas (Figura 15). Os ensaios microbiológicos foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (LSA-UFPE), onde foi determinado o número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes pelo método do *Colilert*®, através do equipamento *Quanti- Tray/2000*.

O método *Colilert* consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente *colilert* patentado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 ml), a qual é selada e mantida incubada a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24h (1ª leitura) e 48h (2ª leitura confirmação). Os resultados são obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste *colilert*.(UFPR, 2019)

Figura 15.: Amostras de água para o ensaio microbiológico.



Fonte: Autor.

### 3.5. Correlação entre os dados

Para entender qual sistema está mais favorável à entrada dos contaminantes antrópicos, e qual apresenta maior evidência de contaminação, criou-se uma quantificação das variáveis. Essa quantificação atribuiu para cada poço, ao final da avaliação de cada parâmetro analisado, um par ordenado (X,Y). Para o grupo X foram quantificadas as grandezas que indicavam contaminação antrópica direta: concentração de nutrientes, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e a presença de coliformes totais e termotolerantes. Enquanto para o grupo Y as que poderiam favorecer a contaminação: porosidade e permeabilidade do solo, profundidade e revestimento do poço, distância média das fossas e tipo das fossas.

Dessa forma, para X, os parâmetros foram considerados nas categorias “evidencia” e “evidencia parcialmente”. Sendo atribuído para o primeiro valor 2 e para o segundo valor 1.

Para Y, os parâmetros foram considerados nas categorias “favorece” e “favorece parcialmente”. Sendo atribuído numericamente o valor 2 para o primeiro e o valor 1 para o segundo.

O uso do parcialmente estava ligado a grandezas que existiam incertezas associadas, ou que as variáveis estavam próximas aos limites recomendados.

De posse do par ordenado (X;Y) de cada poço, foram plotados os pares ordenados em um gráfico cartesiano, onde quem estivesse mais próximo da origem estaria com menor favorecimento e evidenciamento das influências antrópicas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Distâncias entre as fossas e os poços

Baseados nas distâncias propostas por Tortora, Funke e Case (2005) apud Camargo e Paulosso (2009), foram aferidas as distâncias de todas as fossas sépticas ou negras que estivessem dentro da circunferência de 30 metros de raio, com o centro no eixo vertical do poço freático. Observa-se nas Figuras 16, 17 e 18 as demarcações dos poços rasos e das fossas negras e/ou sépticas que estão dentro da área de influência.

Figura 16.:Locação das fossas negras (FN) e das fossas sépticas (FS) em torno do poço A.



Fonte: Adaptado *Google Earth*.

Figura 17.:Localização das fossas negras (FN) e das fossas sépticas (FS) em torno do poço B.



Fonte: Adaptado *Google Earth*.

Figura 18.:Localização das fossas negras (FN) e das fossas sépticas (FS) em torno do poço C



. Fonte: Adaptado *Google Earth*.

Pelas imagens verifica-se que o poço A possui dentro de sua área de influência três fossas negras e uma séptica, o poço B possui oito fossas negras e o poço C cinco fossas sépticas e uma fossa negra no raio de influência. Salienta-se que na área do poço B escorre superficialmente esgoto de águas residenciais numa distância de aproximadamente 3 metros do poço. No Quadro 03 observa-se as distâncias médias entre as fossas e os poços, além das distâncias das fossas mais próximas e mais distantes dos eixos verticais dos poços.

Quadro 03.: Quantidade de fossas na circunferência de influência do poço e as distâncias entre elas e o poço.

Poço	Quantidade de Fossas	Distâncias (m)		
		Fossa mais próxima	Fossa mais distante	Média
A	4	13,17	23,20	16,34 ± 4,62
B	8	8,60	22,80	15,46 ± 5,20
C	6	6,85	25,35	18,54 ± 6,91

Fonte: Autor.

## 4.2. Resultados dos ensaios de solos

### 4.2.1. Resultados dos ensaios de campo

Na realização do ensaio de massa específica aparente *in situ* através do frasco de areia, observou-se que o solo do poço A teve uma influência maior de raízes, tendo em vista que foi coletado em um jardim, enquanto que o solo do poço B foi colocada a bandeja a uma profundidade média de 40 cm, tendo em vista que foi encontrado muito lixo nas camadas mais superiores e o solo do poço C apresentava uma dureza superficial maior e uma umidade menor.

No Quadro 04, observa-se os resultados dos ensaios de campo. Para o cálculo da massa específica aparente foi utilizada a umidade obtida pelo método da estufa.

Quadro 04.: Resultados dos ensaios realizados *in loco* nas coletas de solos.

Solos dos poços	Massa específica aparente	Umidade (%)		
		Frasco de Areia (g/cm <sup>3</sup> )	Método da Frigideira	Speedy
<b>A</b>	1,33	15,50	6,50	16,80
<b>B</b>	1,33	19,00	19,90	16,50
<b>C</b>	1,42	7,76	8,90	5,90

Fonte: Autor.

Observa-se que o speedy do poço A apresentou um valor discordante dos métodos da frigideira e estufa, tal fato, ocorreu pois foi estimada uma umidade inadequada para a pesagem do solo que foi ensaiado em campo.

Estes resultados foram utilizados para a determinação dos índices físicos e para a representação das condições de campo para o ensaio de permeabilidade.

#### 4.2.2. Resultados dos ensaios de caracterização

Segundo Lambe & Whitman (1969) *apud* Massad (2016) estima-se através das densidades dos grãos o mineral que está presente naquele solo através de valores típicos presentes em tabelas de pesos específicos de minerais mais comuns em solos, no entanto, para confirmação uma análise mineralógica deve ser feita. Os possíveis minerais presentes e os índices físicos dos solos estudados podem ser vistos no Quadro 05.

Quadro 05.: Índices físicos dos solos dos poços estudados.

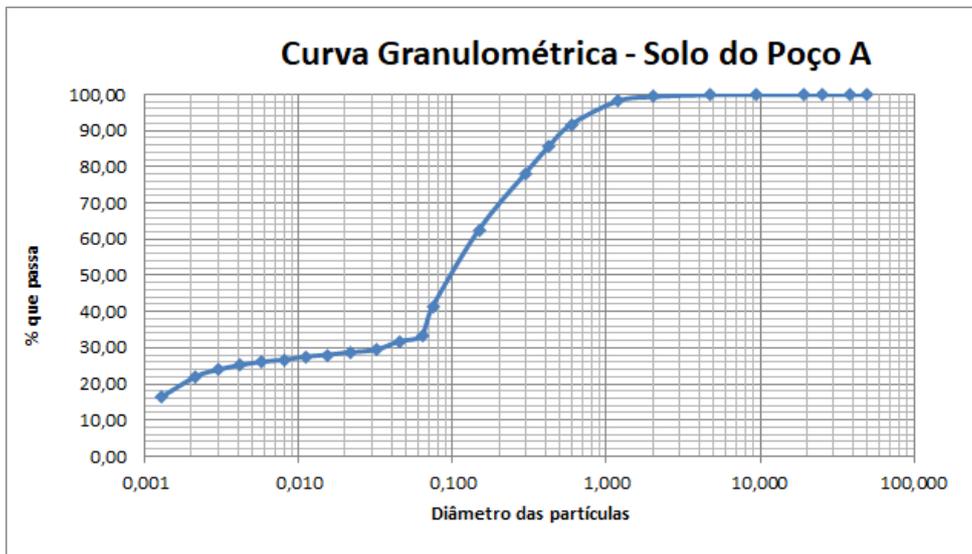
Solos dos poços	Índices Físicos			Possível mineral Presente
	Índice de Vazios (e)	Porosidade (n)	Grau de Saturação	
<b>A</b>	1,34	57,26%	33,41%	Feldspato Na,Ca Clorita Ilita
<b>B</b>	1,27	55,99%	33,64%	Quartzo
<b>C</b>	0,98	49,44%	16,00%	Quartzo Feldspato Na,Ca Clorita Ilita

Fonte: Autor.

Segundo Chioffi (2013) porosidades superiores a 20% são consideradas grandes, no entanto, não significam que os poros estejam ligados entre si, para isso, deve-se analisar a permeabilidade. A possível presença de feldspato no solo do poço A e C, pode ser um indicativo que os mesmos estão situados na formação algodoais, pois segundo Monteiro (2000) *apud* Silva *et al.* (2008) a formação possui a presença de fragmentos de quartzo e feldspato. No entanto, o poço A não coincide com a profundidade mínima apresentada por CPRM (2013) para a formação na região.

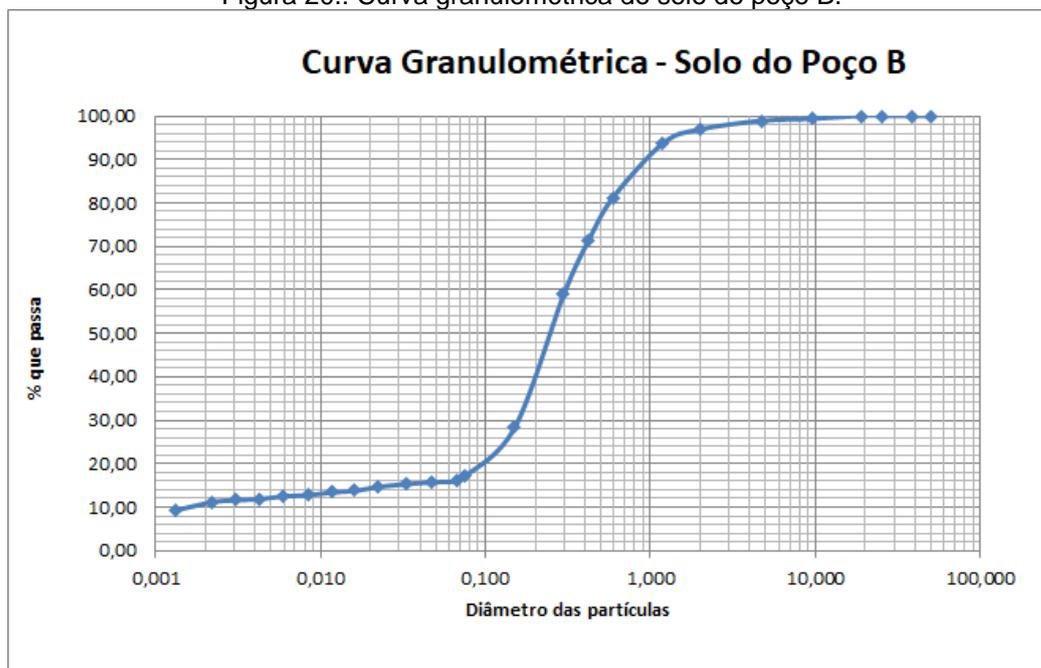
Com os dados do ensaio de granulometria e densidade real dos grãos foi possível a construção das curvas granulométricas dos solos dos poços A, B e C, conforme as Figuras 19, 20 e 21, respectivamente.

Figura 19.: Curva granulométrica do solo do poço A.



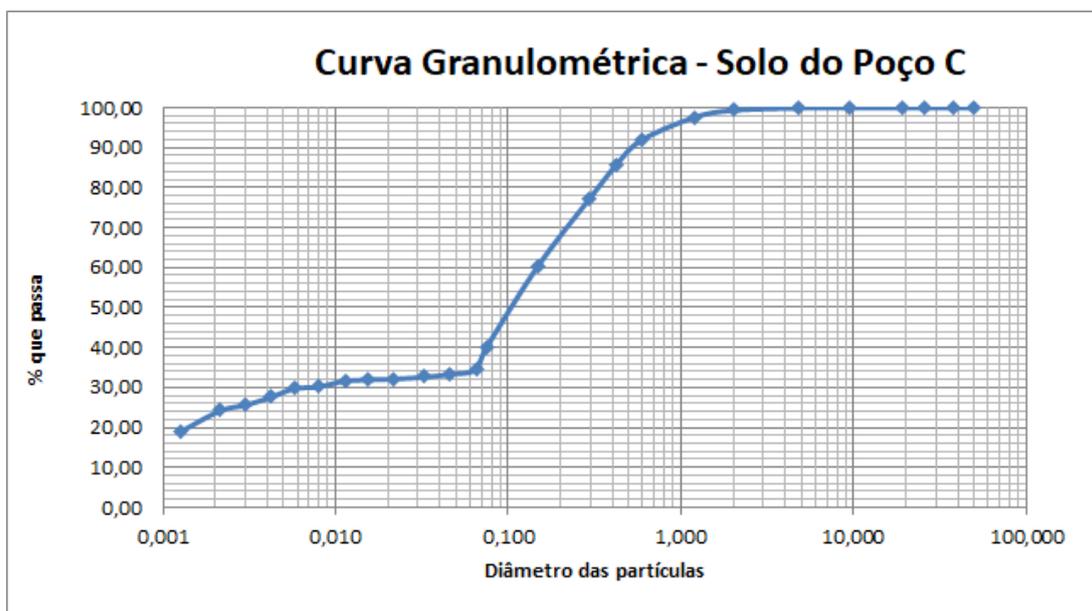
Fonte: Autor.

Figura 20.: Curva granulométrica do solo do poço B.



Fonte: Autor.

Figura 21.: Curva granulométrica do solo do poço C.



Fonte: Autor.

No Quadro 06 observa-se o percentual presente em cada parte do solo.

Quadro 06.: Porcentagem das frações presentes dos solos dos poços estudados.

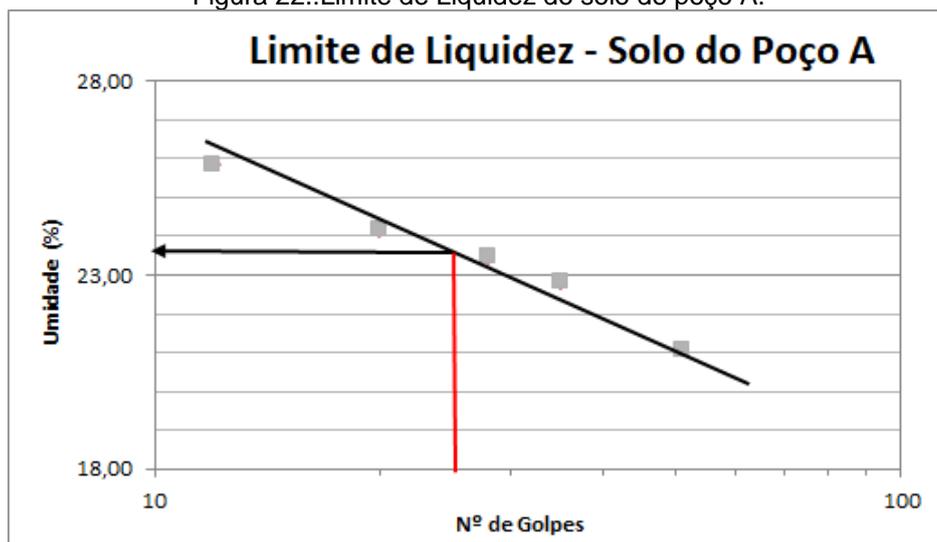
Solos dos poços	% De Pedregulho	% De Areia			% De Silte	% De Argila
		Grossa	Média	Fina		
<b>A</b>	0,04	0,55	13,91	43,71	15,70	26,08
<b>B</b>	0,44	1,98	26,19	55,69	3,16	12,55
<b>C</b>	0,00	0,57	13,61	44,81	11,21	29,80

Fonte: Autor.

A partir do Quadro 06 verifica-se uma maior porcentagem de grãos na fração de areia fina, média e argila. Observa-se também que os solos dos poços A e C apresentam proximidade nas frações retidas.

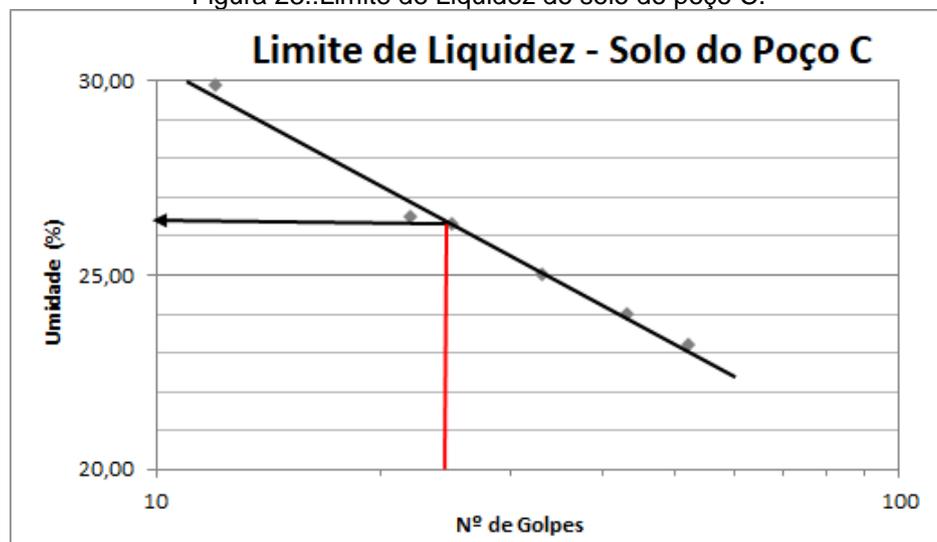
Realizados o ensaio do limite de liquidez, segundo a NBR 6459 (2016), obteve-se o limite de liquidez. Observa-se na Figura 22 e 23 os limites de Liquidez dos solos do poço A e C, tendo em vista que o solo B foi identificado como não plástico.

Figura 22.:Limite de Liquidez do solo do poço A.



Fonte: Autor.

Figura 23.:Limite de Liquidez do solo do poço C.



Fonte: Autor.

No Quadro 07 observa-se os valores dos limites de liquidez, plasticidade e do índice de plasticidade obtidos após a realização dos ensaios de limites.

Quadro 07.: Limites de Liquidez, plasticidade e índice de plasticidade dos solos.

Solos dos poços	Limites de <i>Atteberg</i>		Índice de Plasticidade (LL-LP)
	Limite de Liquidez (LL)	Limite de Plasticidade (LP)	
A	24,00%	20,00%	4,00%
B	-	-	-

<b>C</b>	27,00 %	23,00%	4,00%
----------	---------	--------	-------

Fonte: Autor.

De acordo com Pinto (2006) e seguindo metodologia do sistema unificado de classificação de solo (S.U.C.S.) foi observada a curva granulométrica e a carta de plasticidade e verificou-se a classificação do solo, conforme descrição no Quadro 08.

Quadro 08.: Classificação dos solos pelo SUCS.

<b>Solos dos poços</b>	<b>Classificação do solos pelo S.U.C.S.</b>	
	<b>Tipo de Solo</b>	<b>Sigla do solo</b>
<b>A</b>	Areia argilosa, mistura de areia e argila/ Areia siltosa, mistura de areia e silte ou limo	SC- SM
<b>B</b>	Areia bem graduada	SW
<b>C</b>	Areia argilosa, mistura de areia e argila/ Areia siltosa, mistura de areia e silte ou limo.	SC- SM

Fonte: Autor.

O solo do poço B apesar de possuir 15,71% das frações presentes como solo fino, mas não apresentou plasticidade, portanto o critério utilizado para a sua nomenclatura foi a curva granulométrica e os coeficientes de curvatura e de uniformidade. Apesar da classificação sabe-se ainda que o solo do poço A não representa o perfil estratigráfico do poço, pois provavelmente é proveniente de aterro ou de transportes naturais. Segundo entrevista com o responsável pelo poço, essa camada possui uma espessura média de 70 cm, o mesmo ainda afirmou que depois desta camada existem diversas camadas de areias, inclusive com conchas, que vem ratificar Embrapa (1996) *apud* Assis (1999) e CPRM (2001) *apud* Guimarães, Mariano e Sá (2017).

#### 4.2.3. Resultados dos ensaios de permeabilidade

De acordo com a NBR 13292 (1995) solos com mais de 10% de finos não devem ser ensaiados pelo permeâmetro a carga constante e sim pelo permeâmetro

a carga variável. No entanto, o solo presente no poço B se mostrou muito arenoso e quando era representado com a umidade do campo se mostrava pouco coeso. Por este motivo a permeabilidade do solo do poço B foi estimado através da fórmula de *Hazen* consultada no Pinto (2006), enquanto que os demais foram obtidos com o ensaio de permeabilidade a carga variável. Observa-se os coeficientes de permeabilidade dos solos no Quadro 09.

Quadro 09.: Coeficientes de permeabilidade.

Solos do poços	Coeficiente de Permeabilidade
A	$4,15. 10^{-6} cm/s$
B	$1,96. 10^{-4} cm/s$
C	$2,70. 10^{-6} cm/s$

Fonte: Autor.

A partir dos valores apresentados observa-se que a permeabilidade do poço B é maior que a dos outros poços, seguidos do poço A e do poço C. De acordo com Chioffi essas ordens de grandeza de permeabilidade representam aquíferos pobres, pois para esse grupo não é apresentado os maiores valores de vazão de aquíferos.

#### 4.2.4. Resultados dos ensaios de fertilidade completa

No Quadro 10 observa-se os valores de pH, dos nutrientes e de matéria orgânica dos solos dos poços estudados.

Quadro 10.: Fertilidade dos poços dos solos dos poços estudados.

Solo do poço	pH	Nutrientes				Matéria orgânica (%)
		P ( $mg/dm^3$ )	K (ppm)	Ca ( $cmol_c/dm^3$ )	Mg ( $cmol_c/dm^3$ )	
A	7,9	2,0	19,5	2,40	0,40	0,78
B	8,4	80,0	54,6	2,80	0,90	0,78
C	5,2	3,0	27,3	1,30	0,60	0,78

Fonte: Autor.

A partir dos valores apresentados é possível verificar que o solo do poço C se caracteriza como ácido e que todos os solos possuem a mesma quantidade de matéria orgânica. Sabe-se que apenas o solo do poço C está inserido em uma área

mais arborizada e com menor incidência de urbanização, tal fato, aponta para ciclos naturais de macro e micronutrientes. Em contrapartida o solo do poço B apresentou as maiores concentrações nutricionais e o solo do poço A apresentou fertilidade semelhante ao solo do poço C mesmo ambos estando em áreas bastante urbanizadas.

De acordo com Quevedo & Paganini (2010) existem nos esgotos domésticos altas concentrações de fósforo de origens orgânicas, por exemplo as proteínas, e de origens inorgânicas, por exemplo produtos sintéticos como os detergentes. Áreas urbanizadas acabam interrompendo o ciclo natural dos macro e micronutrientes dentro da correlação solo-vegetação nos ecossistemas. Dessa forma, a nutrição do solo, em sua grande maioria ocorre pela inserção de fertilizantes químicos, sobretudo no caso de plantios agrícolas. Efluentes de fossas sépticas e negras também podem indicar uma fonte de nutrientes no solo e lençol freático, afetando direta ou indiretamente a qualidade das águas de poços, principalmente quanto aos riscos de contaminação por coliformes.

#### 4.3. Resultados dos ensaios com as águas dos poços

##### 4.3.1 pH

De acordo com Brasil (2005) através da resolução Conama 357 o pH das águas doces podem variar entre 6 e 9. Observa-se o valor médio dos pHs das águas dos poços no Quadro 11.

Quadro 11.: pH médio das águas dos poços.

pH das águas dos poços			Valor de Referência Conama 357 (2005)
A	B	C	
6,54 ± 0,08	6,60 ± 0,12	4,49 ± 0,17	6,0-9,0

Fonte: Autor.

Verifica-se com isso que a água do Poço C está fora do intervalo apresentado pelo Conama e a mesma se caracteriza como ácida. Foi verificado também que o solo do entorno deste poço foi caracterizado como ácido, no Quadro 10. Brasil (2006) afirma que valores inferiores a 4,5 de pH indica acidez por ácidos minerais fortes e que geralmente são resultantes de despejos industriais, enquanto que

valores entre 4,5 e 8,2 acidez carbônica e pode ser resultante de incorporação de  $CO_2$  ou da decomposição da matéria orgânica.

#### 4.3.2. Salinidade

Para a água ser considerada doce, segundo o Conama 357 (2005) a salinidade deve ser igual ou inferior a 0,5‰. De acordo com Zavoudakis *et al* (2007) a intrusão marinha é a forma mais comum de aumento da salinidade em aquíferos litorâneos, por isso, foi verificada a distância aproximada entre o eixo vertical do poço freático e o mar, conforme Quadro 12.

Quadro 12.: Salinidade média das águas dos poços e distâncias aproximadas dos poços para o mar.

	Água do poço			Valor de Referência Conama 357 (2005)
	A	B	C	
<b>Salinidade (‰)</b>	0,30 ± 0,01	0,47 ± 0,03	0,12 ± 0,02	<0,5
<b>Distâncias dos poços para o mar (m)</b>	150,00	275,00	590,00	-

Fonte: Autor.

De acordo com os dados aferidos e os limites da Resolução Conama 357 (2005) observa-se que as águas dos poços estudados se enquadram na categoria de água doce e, com isso, verifica-se que a intrusão marinha atualmente não está influenciando a salinidade dos poços. Por outro lado, o poço B está muito próximo da zona que se configura como salobra, embora não esteja tão próximo do mar. Zavoudakis *et al* (2007) afirma que as altas concentrações populacionais podem provocar a contaminação das águas subterrâneas e conseqüentemente a salinização destas, sobretudo nos aquíferos livres, tendo em vista a exposição direta dessas águas as fontes de contaminação.

#### 4.3.3. Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez

Observa-se no Quadro 13 a média dos sólidos totais dissolvidos durante as quinze semanas de caracterização e a média da turbidez durante as cinco primeiras semanas da caracterização.

Quadro 13.: STD e turbidez das águas dos poços estudados.

Parâmetros	Poços			Valor Máximo Permitido MS 518 (2004)
	A	B	C	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	307,54 ± 14,25	476,21 ± 35,18	127,58 ± 18,49	1000,00
Turbidez (NTU)	22,97 ± 2,27	3,01 ± 1,51	9,40 ± 9,04	5,00

Fonte: Autor.

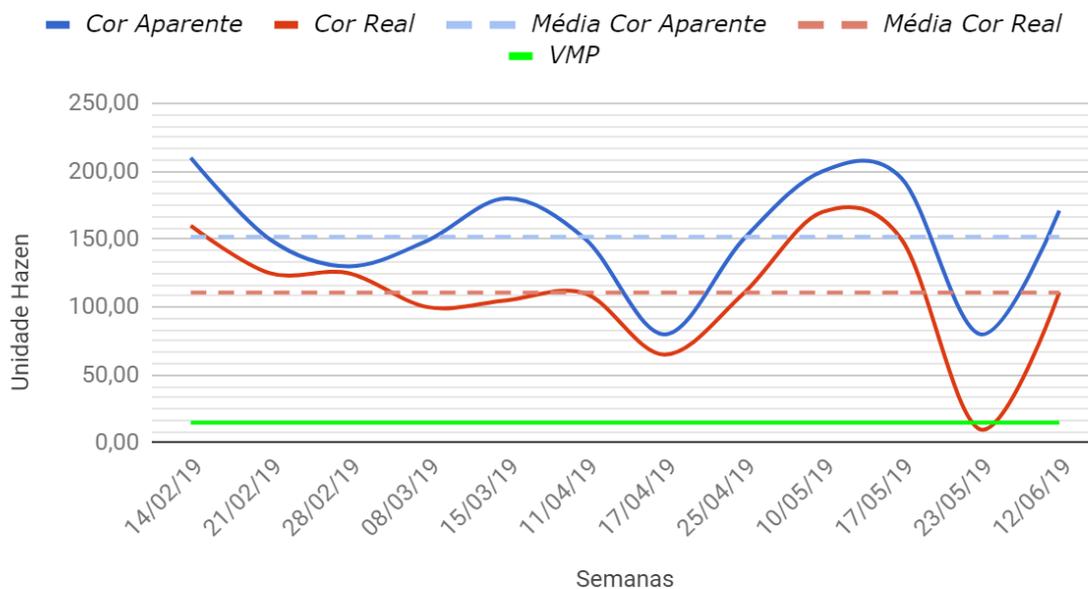
Observa-se que todos os poços estudados estão dentro dos valores máximos permitidos (VMP) para os sólidos totais dissolvidos, no entanto, apenas o poço B está com a turbidez dentro do valor máximo permitido.

#### 4.3.4. Cor real e cor aparente

Segundo Gasparotto (2011) a cor da água é produzida pela reflexão de luz em partículas coloidais (< 1µm) finamente dispersas de origens orgânicas ou minerais. De acordo com a portaria 518 do ministério da saúde (2004) o valor máximo permitido para a cor aparente é de 15 unidades *Hazen*. De acordo com *Hanna* (2013) em seu manual do equipamento é recomendável que para a aferição da cor aparente seja realizado a leitura da água do mesmo jeito que ela veio da coleta, enquanto que para a cor real deve-se filtrar a amostra em papel filtro de 0,45 µm. Nas figuras 24, 25 e 26 observa-se o comportamento das cores das águas dos poços durante o período de caracterização físico-química.

Figura 24.: Cor real e aparente do poço A.

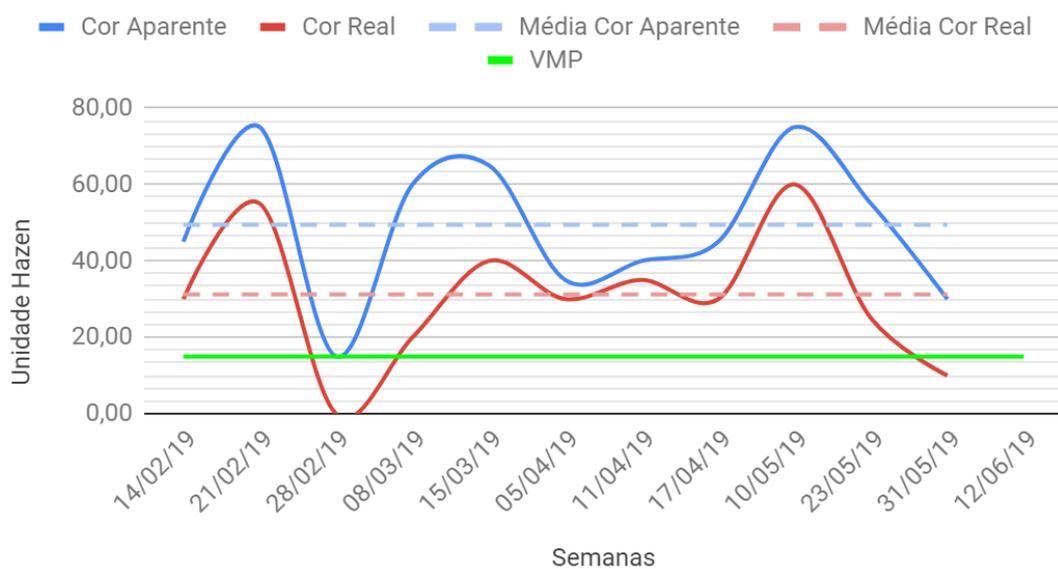
## Cor Real e Aparente poço A



Fonte: Autor.

Figura 25.:Cor real e aparente do poço B.

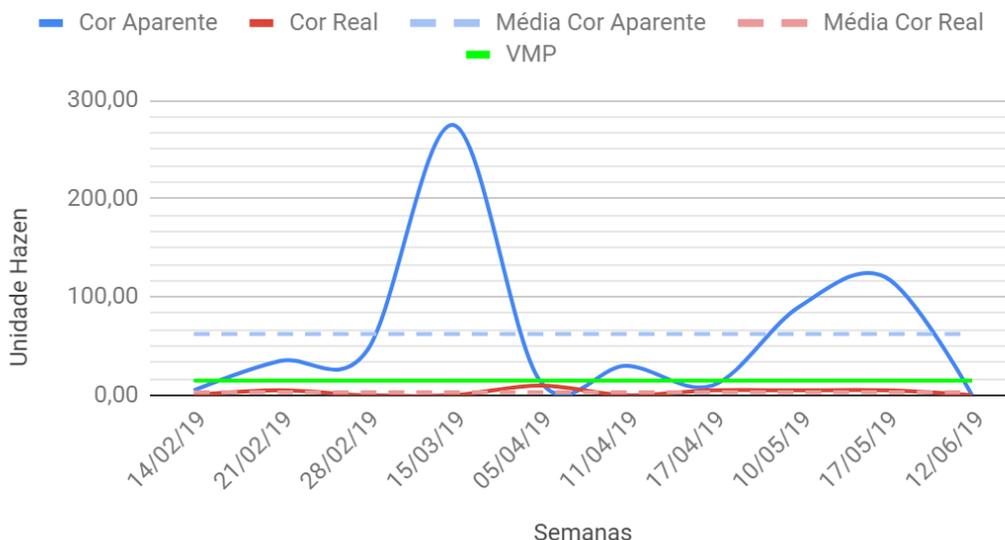
## Cor Real e Aparente poço B



Fonte: Autor.

Figura 26.:Cor real e aparente do poço C.

## Cor Real e Aparente poço C



Fonte: Autor.

Observa-se nos gráficos dos poços A e B que as curvas que representam a cor real e aparente possuem uma interdependência entre si, algo que não acontece no poço C. Com isso, percebe-se que as partículas que dão cor aparente ao poço C estão compreendidas entre  $0,45 \mu\text{m}$  e  $1,00 \mu\text{m}$ , comportamento que não se estende aos outros poços. Além disso, verifica-se que nenhuma média de cor aparente ficou dentro do valor máximo permitido pela legislação.

### 4.3.5. Condutividade elétrica

De acordo com Brasil (2006) águas naturais apresentam condutividade nas faixas de 10 a  $100 \mu\text{S/cm}$ , enquanto que águas poluídas por esgotos domiciliares ou industriais podem chegar a até  $1000 \mu\text{S/cm}$ , mediante a esses valores serão considerados inadequados os valores superiores a  $100 \mu\text{S/cm}$ . No Quadro 14 observa-se os valores médios obtidos nos ensaios de caracterização das águas dos poços.

Quadro 14.: Condutividade elétrica das águas dos poços de Itapuama.

Condutividade elétrica das águas dos poços ( $\mu\text{S/cm}$ )		
A	B	C
$614,92 \pm 28,27$	$952,64 \pm 70,32$	$255,00 \pm 36,94$

Fonte: Autor.

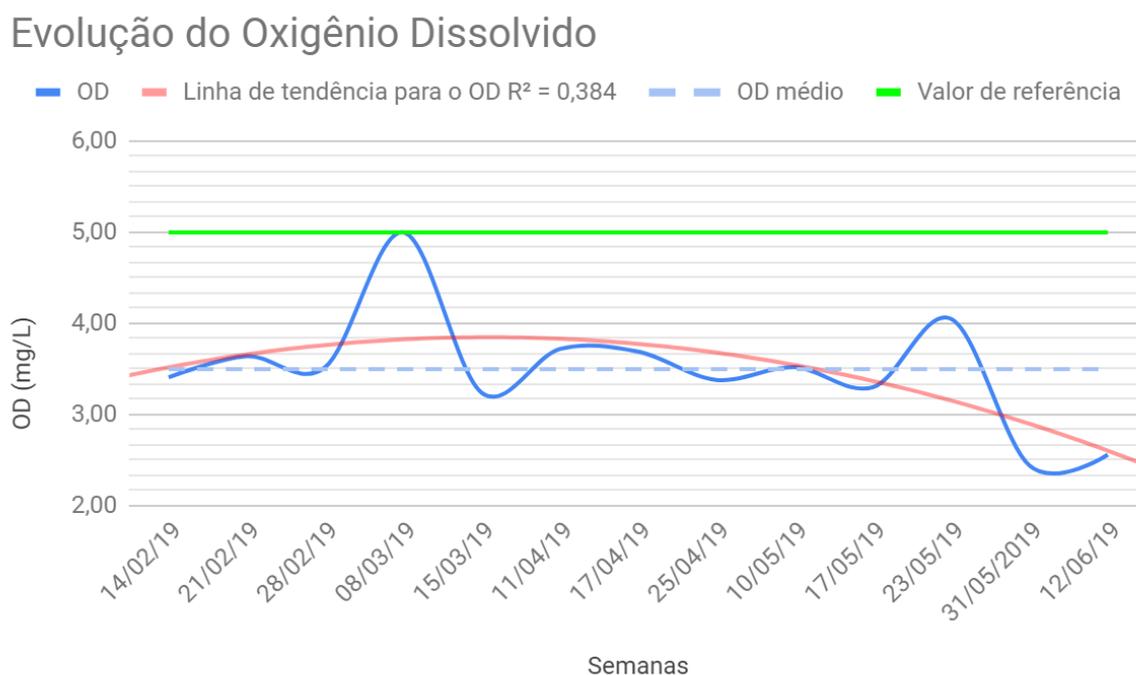
A partir dos valores observados no Quadro 14 é possível observar que as águas subterrâneas destes poços não se configuram como águas naturais, tendo

em vista que todos os valores estão bem superiores ao valor limiar de contaminação. Com isso, indica-se que as águas destes poços provavelmente estão sobre influência de esgotos domiciliares.

#### 4.3.6. Oxigênio Dissolvido

Segundo Brasil (2006) o oxigênio disponível é um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. Ainda segundo o autor o teor mínimo para a manutenção da vida aquática aeróbia é de 5 mg/L, teor este também exposto pelo conama 357 (2005) para águas doces de classe 2. Nas Figuras 27, 28 e 29 é possível verificar a evolução deste parâmetro nos respectivos poços.

Figura 27.:Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço A.



Fonte: Autor.

Figura 28.:Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço B.

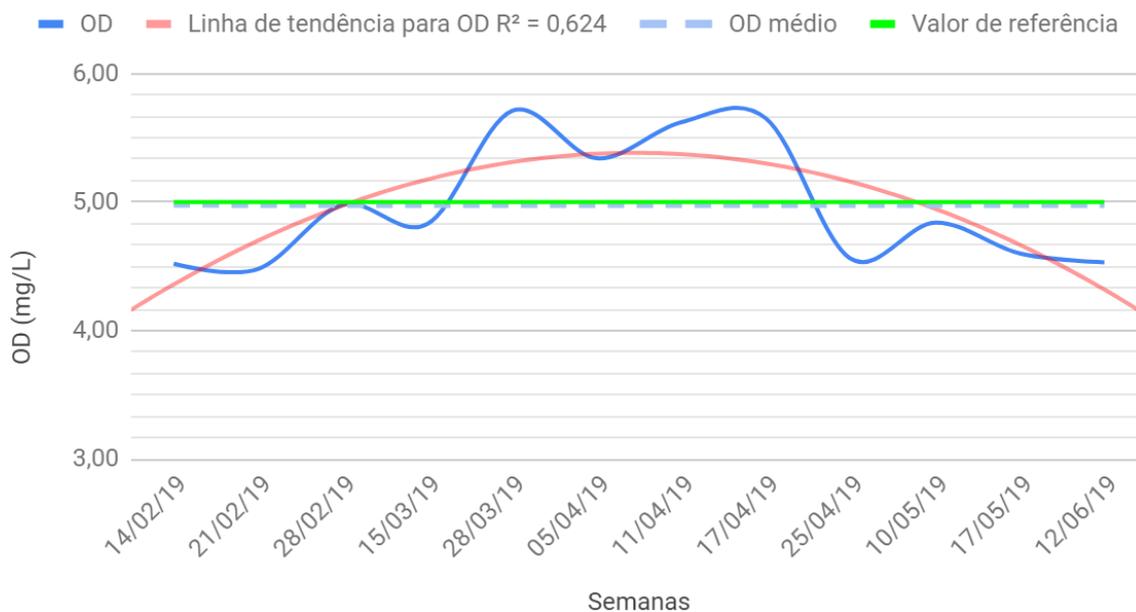
## Evolução do Oxigênio Dissolvido



Fonte: Autor.

Figura 29.:Evolução temporal do oxigênio dissolvido do poço C.

## Evolução do Oxigênio Dissolvido



Fonte: Autor.

Com base nos dados expostos, observa-se que todos os valores médios para a concentração de oxigênio dissolvido encontram-se abaixo do valor de referência. Foram indicadas linhas de tendências com  $R^2$  de 38,4% para o poço A, 40,1% para o poço B e 62,4% para o poço C, através delas é possível constatar que todos os

valores de oxigênio dissolvido estão baixando na série temporal do período em estudo. Como o estudo tem se desenvolvido na ascensão do período chuvoso é compreensivo ocorrer esta queda na concentração de oxigênio dissolvido, tendo em vista que com a percolação da água precipitada ocorre também o transporte de poluentes das camadas superiores para as mais profundas.

A acentuação da contaminação das águas de poços no período chuvoso também foi observado no estudo de Camargo & Paulosso (2009) em que as águas subterrâneas apresentaram maiores concentrações de *Escherichia coli* e de bactérias mesófilas. Confirma-se ainda no estudo de Silva, Barbosa e Silva (2018) que também apresenta um aumento na concentração de coliformes totais e termotolerantes no período chuvoso. Na Figura 30 observa-se registros fotográficos do poço B no período sem chuvas e no período chuvoso.

Figura 30.: Registros fotográficos do poço B, em: (a) 28 de março de 2019 e (b) 17 de maio de 2019.



Fonte: Autor.

#### 4.3.7. Coliformes Totais e Termotolerantes

De acordo com Brasil (2006) as bactérias do grupo coliformes normalmente habitam no intestino de homens e animais, por isso, são indicadoras de contaminação de uma amostra de água por fezes. Ainda segundo o autor a maioria das doenças associadas à água são transmitidas por via fecal. Neste sentido, quanto maior for a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de contaminação por organismos patogênicos. Segundo a portaria 518 do ministério da saúde (2004) o valor máximo permitido para água para o consumo humano é a ausência de coliformes termotolerantes e *E. coli*. No Quadro 15 observa-se os números mais prováveis de coliformes para as águas dos poços estudados.

Quadro 15.: Número mais provável de coliformes dos poços estudados

Água do Poço	Número mais provável de coliformes			
	Coliformes Totais	Intervalo	Coliformes Fecais	Intervalo
<b>A</b>	>2419,6 NMP de coliformes/100ml	(N/A - infinito) coliformes/100ml	20,9 NMP de coliformes/100ml	(12,4 - 32,3) coliformes/100ml
<b>B</b>	>2419,6 NMP de coliformes/100ml	(N/A - infinito) coliformes/100ml	24,6 NMP de coliformes/100ml	(15,1 - 37,6) coliformes/100ml
<b>C</b>	64,5 NMP de coliformes/100ml	(46,0 - 87,3) coliformes/100ml	4,1 NMP de coliformes/100ml	(1,7 - 9,5) coliformes/100ml

.Fonte: Autor.

Com os valores expostos, percebe-se interação das águas subterrâneas com as águas dos esgotos domiciliares das residências do entorno, tendo em vista que os valores estão em não conformidade com o valor máximo permitido (VMP) se caracterizando, portanto, como não potável. Águas em não conformidade com os padrões de potabilidade representam risco para a saúde dos usuários.

#### 4.4. Correlação entre os Dados

##### 4.4.1. Poço A

Observa-se no Quadro 16 as variáveis estudadas para o poço A, a ponderação atribuída foi baseada com base nas bibliografias e legislações já apresentadas.

Quadro 16.: Ponderação das variáveis de solo-ocupação humana-água para o poço A.

Solo	Porosidade	Permeabilidade	Concentração de nutrientes	
	Favorece	Favorece parcialmente	Evidencia parcialmente	
Ocupação	Poços		Fossas	
	Profundidade (m)	Tipo de revestimento	Distância média (m)	Tipo de fossa

<b>humana</b>	Favorece	Favorece Parcialmente	Favorece	Favorece
<b>Água</b>	<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>Condutividade elétrica</b>	<b>Coliformes Totais e Termotolerantes</b>	
	Evidencia	Evidencia	Evidencia	

Fonte: Autor.

A partir do Quadro e das considerações sobre as mudanças de variáveis obteve-se um par ordenado para o poço A de (7;10).

#### 4.4.2. Poço B

No Quadro 17 observa-se os conceitos atribuídos a cada uma das variáveis estudadas para o poço B.

Quadro 17.: Ponderação das variáveis de solo-ocupação humana-água para o poço B.

<b>Solo</b>	<b>Porosidade</b>	<b>Permeabilidade</b>		<b>Concentração de nutrientes</b>
	Favorece	Favorece		Evidencia
<b>Ocupação humana</b>	<b>Poços</b>		<b>Fossas</b>	
	Profundidade (m)	Tipo de revestimento	Distância média (m)	Tipo de fossa
	Favorece	Favorece parcialmente	Favorece	Favorece
<b>Água</b>	<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>Condutividade elétrica</b>	<b>Coliformes Totais e Termotolerantes</b>	
	Evidencia	Evidencia	Evidencia	

Fonte: Autor.

Observa-se que o par ordenado para o poço B é (8;11)

#### 4.4.3. poço C

No Quadro 18 observa-se os conceitos atribuídos às variáveis do poço C.

Quadro 18.: Ponderação das variáveis de solo-ocupação humana-água para o poço C.

	<b>Porosidade</b>	<b>Permeabilidade</b>	<b>Concentração</b>
--	-------------------	-----------------------	---------------------

<b>Solo</b>			<b>de nutrientes</b>	
	Favorece	Favorece parcialmente	Evidencia parcialmente	
<b>Ocupação humana</b>	<b>Poços</b>		<b>Fossas</b>	
	Profundidade (m)	Tipo de revestimento	Distância média (m)	Tipo de fossa
	Favorece Parcialmente	Favorece parcialmente	Favorece	Favorece parcialmente
<b>Água</b>	<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>Condutividade elétrica</b>	<b>Coliformes Totais e Termotolerantes</b>	
	Evidencia Parcialmente	Evidencia parcialmente	Evidencia parcialmente	

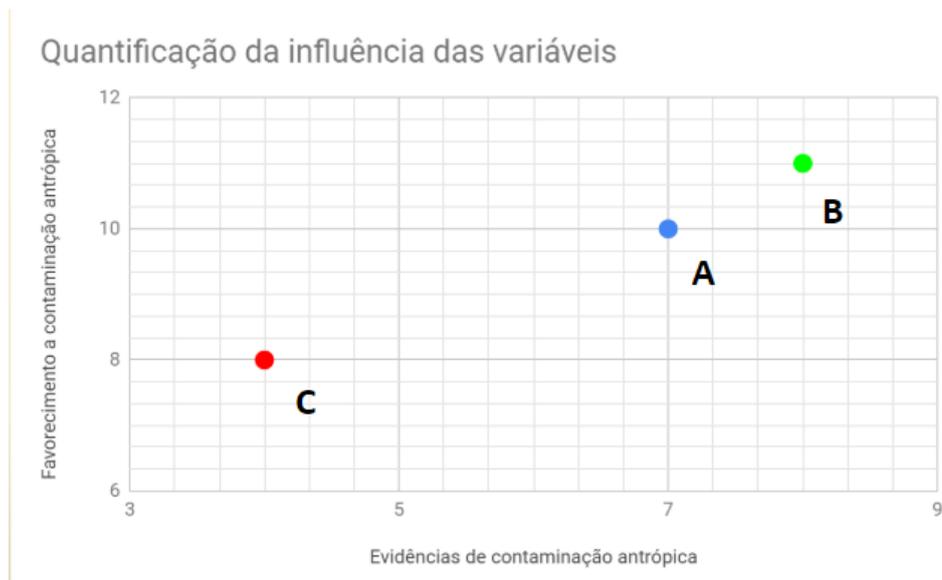
Fonte: Autor.

A partir dos conceitos atribuídos às variáveis do poço C foi obtido um par ordenado (4;8).

#### 4.4.4. Quantificação da influência das variáveis

Na Figura 31 observa-se a plotagem de cada par ordenado dos poços estudados (evidências de contaminação; favorecimento à contaminação), obtido a partir dos Quadros 16,17 e 18. Na representação, o poço A está representado na cor azul, o poço B está representado na cor verde e o poço C na cor vermelha.

Figura 31.:Gráfico de quantificação da influência das variáveis Solo-ocupação humana-Água.



Fonte: Autor.

A partir dos dados apresentados observa-se um gradiente de favorecimento a contaminação e de evidências de contaminação no sentido (C, A, B). Observa-se também que quanto maior o favorecimento maiores são as evidências à contaminação.

## 5.CONCLUSÃO

Conclui - se para o poço A que a profundidade do poço e as distâncias médias das fossas, que são em sua maioria negras, favorecem a contaminação antrópica. Observa-se ainda que que o solo do poço A tem uma alta porosidade e uma permeabilidade baixa na primeira camada estratigráfica do poço. O solo apresenta ainda fertilidade nutricional semelhante ao solo com arborização consolidada, mesmo estando em área urbanizada. As águas subterrâneas deste poço apresentam condutividade elétrica pelo menos 6 vezes maior que a recomendada, enquanto que o oxigênio dissolvido está com o valor médio abaixo do recomendado para águas doces classe 2. Para evidenciar ainda mais a contaminação antrópica foi aferido o número mais provável de coliformes e foram apresentados o máximo de coliformes totais e pelo menos 20.9 coliformes/100ml de coliformes fecais, valores estes que se apresentam bem acima do valor máximo permitido (VMP) apresentado pelo Ministério da Saúde. Neste sentido, o estudo aponta para o risco de usar esta água sem o tratamento prévio, pois a mesma está com evidências de contaminação por dejetos domiciliares.

Para o poço B foi constatada baixa profundidade do poço e a presença de 8 fossas negras na área de influência do poço, apresentando ainda a menor distância média entre as fossas e o poço. Para o solo do poço B foi observado alta porosidade, permeabilidade média e alta quantidade de nutrientes. Já para as águas subterrâneas deste poço, observou-se que condutividade elétrica evidenciava contaminação, sendo ela quase 10 vezes o valor recomendado. O oxigênio dissolvido apresentou valor médio abaixo do classificado para água doce, classe 2 do Conama 357 (2005). Além disso, este poço apresentou o maior número de coliformes fecais encontrados neste estudo, evidenciando o risco que a população corre ao utilizar esta água sem nenhum tratamento. Sabe - se que pelo menos 50 infecções podem ser veiculadas por águas que entram em contato com fezes humanas.

O poço C apresentou a maior profundidade média e a maior distância entre as fossas e o seu eixo vertical. O Solo deste poço apesar de apresentar uma porosidade alta, se mostrou com uma permeabilidade baixa e uma quantidade de nutrientes que não permite inferir se é da influência da vegetação ou das fossas próximas. A água e o solo deste poço apresentaram-se ácidos, o que pode vir da decomposição da matéria orgânica ou da presença de ácidos minerais fortes. As águas subterrâneas deste poço apresentaram condutividade elétrica 2,5 vezes superior ao limite proposto por Brasil (2006), o oxigênio dissolvido médio ficou muito próximo do estabelecido pelo Conama 357 (2005) e a presença de coliformes totais e termotolerantes indica a contaminação por esgotos domiciliares, mas aponta para as menores concentrações.

Com as correlações entre os dados ainda é possível concluir que existe um gradiente de favorecimento e evidenciamento a contaminação no sentido (C, A, B), sendo o primeiro o menos contaminado e o último o mais contaminado.

Sugere - se para trabalhos futuros uma série temporal maior de análises dos poços, de preferência um ano hidrológico e com mais análises de coliformes, de preferência a cada dois meses segundo recomendações do Conama 357. Sugere - se também simulação dos transportes dos fluídos precipitados, águas residuais e águas do aquífero, para visualizar a dinâmica das interações, considerando as permeabilidades horizontais e verticais dos solos.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13292 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante**. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14545 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.** Rio de Janeiro, 2000.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6457 -Amostras de solo Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6458 -Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm- Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6459 -Solo - Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7180 -Solo - Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181 -Solo - Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7185 -Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia.** Rio de Janeiro, 2016.

ANA, Agência Nacional de águas. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas Subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2007.

ASSIS, Hortência Maria Barboza de. **Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE.** Recife:CPRM/FIDEM, 1999.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria MS n.º 518/2004.** Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL, Resolução CONAMA n°357. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Brasília, 2005.

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

CAMARGO, F.M., Paulosso L.V. **Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT.** In: Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, 2009.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de Engenharia**. 3.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

CONCEIÇÃO, F.T. *et al.* **Influências Naturais e Antrópicas na Qualidade da Água Subterrânea de Poços de Abastecimento Público na Área Urbana de Marília (SP)**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 19 n.3. 2014.

COSTA, W.D. **Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração das águas subterrâneas no Recife-PE**. In: *Joint World Congress on Groundwater*, I. 2000.

COSTA FILHO, W.D., Costa, W.D. **Caracterização hidrogeológica do estado de Pernambuco**. In: *Joint World Congress on Groundwater*, I. 2000.

CPRH, Agência Estadual do meio Ambiente. **Perfil Socioeconômico e Ambiental Cabo de Santo Agostinho**. Disponível:

<<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/projeto-orla-cabo/3.2.1caracteristicas-da-paisagem.pdf>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

CPRM, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Sistema de informações Geoambientais da Região Metropolitana de Recife**. Recife: CPRM, 2013.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM. 2011.

FAUSTINO, A.S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto de seu uso no solo**. São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.

FREITAS COSTA, A.M. **Eficiência hídrica na obra da Unidade Acadêmica no Cabo de Santo Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco**. Recife, 2018. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **"Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde", disse ministro da Saúde**. Disponível. [http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset\\_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false](http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false). Acesso 19 Maio 2019.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2011.

GUIMARÃES, T., Mariano, G., Sá, A.A. **Inventário e avaliação qualitativa como subsídio à geoconservação e ao geoturismo: Litoral Sul do Estado de**

**Pernambuco (Nordeste-Brasil).** Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.04. 2017.

HANNA INSTRUMENTS. **HI727.** 2013. Disponível [http://shop.hannasingapore.com/media/pdf/ist727\\_03\\_13.pdf](http://shop.hannasingapore.com/media/pdf/ist727_03_13.pdf). Acesso 20 Jun 2019.

HELBEL, A.F., Nunes, M.L.A., Marchetto, M. **Água subterrânea: estudo de caso em Ji-Paraná, RO.** In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, XV. 2008.

MASSAD, Façal. **Mecânica dos solos experimental.** São Paulo: Oficina de textos, 2016.

MIDÕES, C.; Fernandes, J.; Costa, C. G. **Água subterrânea : conhecer para proteger e preservar.** IGM, 2001

OLIVEIRA, K.A. **Qualidade da água para consumo humano em solução alternativa de abastecimento no município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.** Recife, 2011. Monografia (Especialização). Fundação Oswaldo Cruz.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas.** São Paulo: Oficina de textos, 2006.

PNRH, Política Nacional dos Recursos hídricos. **Lei Nº 9433.**1997. Disponível [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso. 11 Maio 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DO CABO DE SANTO AGOSTINHO. **Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima- PROJETO ORLA.** 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DO CABO DE SANTO AGOSTINHO. **Revisão das leis de parcelamento e de uso e ocupação do solo do município do Cabo de Santo Agostinho.** 2014. Disponível. [https://www.cabo.pe.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/REV\\_LUOS\\_201404.pdf](https://www.cabo.pe.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/REV_LUOS_201404.pdf). Acesso 11 maio 2019.

QUEVEDO, C.M. G., Paganini, W.S. **Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública.** 2010. Disponível. <https://www.scielosp.org/article/csc/2011.v16n8/3539-3539/>. Acesso. 21 Jun 2019.

RIBAS, T.B.C., Fiorini, M.P. **Estação de tratamento de esgoto doméstico por zonação de raízes: uma proposta de biotecnologia para saneamento básico.** In: Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, IV. São José dos Campos, 2004.

ROSA, C.C.B. *et al.* **Qualidade microbiológica de água de poços provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes (RJ).** In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XIII. 2004.

SILVA, L.P; Barbosa, J.P.; Silva, G.A. **Análise exploratória de dados da qualidade da água de poços amazonas na cidade de macapá, Amapá, Brasil.** 2018.

SILVA, S.R. *et al.* **A gestão de águas subterrâneas no aquífero Barreiras – Jordão, Jardim Jordão e Ibura – Recife – Pernambuco.** In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XV. 2008.

SOUZA, K.F.O. **Fossas negras: um problema para o meio ambiente e para a saúde pública.** Ariquemes, 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Faculdade de educação e meio ambiente.

SRH, Secretaria dos Recursos hídricos. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: Tomo I -Diagnóstico Hidroambiental.** Recife, 2010.

TUCCI, C.E.M. **Escoamento Superficial.** In: Hidrologia ciência e aplicação. 1993.

UFAL, Universidade Federal de Alagoas. **Manual técnico para coleta de amostras de água.** 2009.  
Acesso.[http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/manual\\_coleta\\_%C3%81gua.pdf](http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/manual_coleta_%C3%81gua.pdf).  
Acesso 17 Jul 2019.

UFPR, Universidade Federal do Paraná. **AULA PRÁTICA 4 - Determinação de Coliformes.** Disponível.  
[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH058/POP\\_04\\_Coliformes.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH058/POP_04_Coliformes.pdf). Acesso. 21 Maio 2019.

UNESP, Universidade Estadual Paulista. **HIDROLOGIA BÁSICA.** Disponível.  
[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade_1.pdf).  
Acesso em: 18 Maio 2019.

ZAVOUDAKIS, E. *et al.* **Classificação hidroquímica e avaliação da salinidade da água freática em áreas do município de Vitória, ES.** In: Encontro Nacional dos perfuradores de poços, XV. Simpósio de hidrogeologia do Sul-Sudeste, I. 2007.