

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

**SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS**

***CAMPUS* PALMAS**

**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANTONIO OSCAR DE OLIVEIRA JÚNIOR**

# ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE TRATAMENTO DA PISCINA PARA IRRIGAÇÃO PAISAGÍSTICA DOS BLOCOS 14, 15, 16 E 17 DO IFTO - *CAMPUS* PALMAS

**Palmas**

**2021**

**ANTONIO OSCAR DE OLIVEIRA JÚNIOR**

# ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE TRATAMENTO DA PISCINA PARA IRRIGAÇÃO PAISAGÍSTICA DOS BLOCOS 14, 15, 16 E 17 DO IFTO - *CAMPUS* PALMAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, *Campus* Palmas.

Orientadora: Prof.ª Me. Adriana Soraya Alexandria Monteiro

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza

**Palmas**

**2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

O48e Oliveira Júnior, Antonio Oscar de
Estudo de caso: implantação de sistema de aproveitamento da água descartada no processo de tratamento da piscina para irrigação paisagística dos blocos 14, 15, 16 e 17 do IFTO – Campus Palmas / Antonio Oscar de Oliveira Júnior. – Palmas, TO, 2021.
73 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientadora: Ma. Adriana Soraya Alexandria Monteiro
Coorientador: Dr. Marcelo Mendes Pedroza

1. Instalações hidráulicas. 2. Reúso. 3. Economia. I. Monteiro, Adriana Soraya Alexandria. II. Pedroza, Marcelo Mendes. III. Título.

**CDD 624**

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.
**Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**ANTONIO OSCAR DE OLIVEIRA JÚNIOR**

# ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE TRATAMENTO DA PISCINA PARA IRRIGAÇÃO PAISAGÍSTICA DOS BLOCOS 14, 15, 16 E 17 DO IFTO - CAMPUS PALMAS

**Aprovado em:** 29 / 09 / 2021

**BANCA AVALIADORA**

Prof.ª Me. Adriana Soraya Alexandria Monteiro (Orientadora)
IFTO – Campus Palmas

Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza (Coorientador)
IFTO – Campus Palmas

Prof. Me. Clerson Dalvani Reis
IFTO – Campus Palmas

Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado
IFTO – Campus Palmas

# AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me agraciado com o sopro de vida, que me permitiu chegar até aqui.

À minha esposa Angélica, que, apesar das duras batalhas, nunca deixou de enfrenta-las comigo, me apoiando com zelo e amor, e confiando sempre no nosso sucesso.

À minha família, minha mãe, Cláudia, meu pai, Oscar, meu padrasto, Antônio e minha madrasta, Sônia, que sempre me apoiaram e incentivaram, estando perto ou longe.

À minha querida e tão amada avó Bebé, que sempre cobrou que lutasse pelas minhas conquistas, vendo todo potencial que eu tenho e até o que eu não tenho.

Aos meus companheiros de curso, meus colegas e amigos mais próximos, tanto os que já concluíram e outros que seguiram outros rumos, André, Diógenes, Matheus, Yitzhak e James, pelas dificuldades compartilhadas, risadas e descontrações.

Á minha Orientadora, Prof.ª Me. Adriana Soraya Alexandria Monteiro, pela dedicação e paciência na orientação e na construção do conhecimento.

# RESUMO

Com o constante crescimento da população em todo o mundo, bem como o desenfreado desenvolvimento urbano e industrial, a demanda de água na maioria das regiões vem se tornando cada vez maior. Esse recurso, apesar de ser um bem essencial à vida, é um recurso finito, necessitando de uma atenção para seu uso racional. Nesse sentido, foi elaborada uma análise preliminar de potencial reúso da água descartada no processo de tratamento da água da piscina do IFTO, *Campus* Palmas. Para tanto, foi considerado o baixo índice pluviométrico no período de estiagem na cidade de Palmas - Tocantins, relacionando consumo e os gastos com o uso da água potável para irrigação de parte dos jardins do IFTO, e por fim, a elaboração de um projeto de reúso da água descartada no processo de tratamento da água da piscina, com objetivo final de irrigar determinados gramados do IFTO, sendo realizado o dimensionamento das tubulações hidráulicas bem como do conjunto motobomba necessário para recalcar o volume armazenado no reservatório de retenção para os reservatórios de distribuição, chegando ao custo de implantação de R$ 86.276,15, um potencial econômico anual de até 881,25 $m^3$ referente ao consumo de água potável, bem como uma economia anual de até R$ 17.739,84, sendo estimado o período de retorno do investimento para a implantação do sistema em 5 anos e 9 meses.

**Palavras-chave**: reuso da água, sistema de reuso de água, irrigação paisagística, piscina, economia.

# ABSTRACT

Due to the constant population growth around the world, as well as unrestrained urban and industrial development, the demand for water in most regions is increasing. This resource, despite being an essential good for life, is a finite resource, requiring attention for its rational use. Consequently, a preliminary analysis of the potential reuse of discarded water in the water treatment process of the IFTO - *Campus* Palmas swimming pool, was prepared. Therefore, the low rainfall in the dry period in the city of Palmas - Tocantins was considered, relating consumption and expenditure on the use of drinking water for irrigation of part of the IFTO gardens, and finally, the preparation of a project for reuse of discarded water in the swimming pool water treatment process, with the ultimate objective of irrigating certain IFTO lawns, with the sizing of the hydraulic pipes as well as the motor-pump assembly necessary to repress the volume stored in the retention reservoir for the reservoirs. of distribution, reaching the implementation cost of R$ 86,276.15, an annual economic potential of up to 881.25 m³ related to the consumption of drinking water, as well as an annual savings of up to R$ 17,739.84, with an estimated period of return on investment for the implementation of the system in 5 years and 9 months.



**Keywords**: water reuse, water reuse system, landscape irrigation, swimming pool, economy.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Água doce no mundo. ..... 17
Figura 2 - Localização da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia. ..... 19
Figura 3 - Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável. ..... 30
Figura 4 - Localização do município de Palmas. ..... 34
Figura 5 - Imagem Satélite do IFTO - *Campus* Palmas. ..... 35
Figura 6 - Vista e dimensões da piscina do IFTO - *Campus* Palmas. ..... 36
Figura 7 – Processo de aspiração do fundo da piscina. ..... 36
Figura 8 – Análises qualitativas por meio de equipamentos. ..... 37
Figura 9 – Análises qualitativas por meio de procedimentos e metodologias. . 38
Figura 10 - Blocos 14 e 15 do IFTO - *Campus* Palmas. ..... 40
Figura 11 - Blocos 16 e 17 do IFTO - *Campus* Palmas. ..... 40
Figura 12 - Áreas irrigadas. ..... 41
Figura 13 - Áreas externas. ..... 42
Figura 14 – Descarte final da água da piscina. ..... 47

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Disponibilidade hídrica no Brasil. ..... 18
Gráfico 2 - Disponibilidade hídrica na região norte. ..... 19
Gráfico 3 - Precipitação média em Palmas de 2007 a 2017. ..... 20
Gráfico 4 – Condutividade da amostragem. ..... 45
Gráfico 5 – Turbidez da amostragem. ..... 45
Gráfico 6 – Coliformes totais presentes na amostragem. ..... 46
Gráfico 7 – pH da amostragem. ..... 46
Gráfico 8 – Cloro residual da amostragem. ..... 47
Gráfico 9 – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2018. ..... 52
Gráfico 10 – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2019. ..... 52
Gráfico 11 – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2020. ..... 52

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das águas de reúso e seus principais usos segundo a NBR 13969/1997. ..... 24
Quadro 2 - Critério de qualidade da água de reúso segundo a NBR 13969/97. ..... 24
Quadro 3 - Diretrizes do PROSAB para usos urbanos de esgotos sanitários. . 26
Quadro 4 – Parâmetros de qualidade da água de reúso para irrigação irrestrita de parques e jardins adotados por cada entidade..... 26
Quadro 5 - Métodos analíticos para caracterização qualitativa da água descartada..... 37
Quadro 6 - Síntese de critérios de qualidade da água de reúso para irrigação irrestrita de parques e jardins adotados por cada entidade..... 44

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desnível da água e volume estimado de água descartada ..... 43
Tabela 2 – Valores observados em relação aos parâmetros qualitativos s da água descartada durante o processo de tratamento da água da piscina. ..... 44
Tabela 3 – Cálculo do diâmetro das tubulações de sucção e recalque..... 49
Tabela 4 – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2018. ..... 50
Tabela 5 – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2019. ..... 51
Tabela 6 – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2020. ..... 51
Tabela 7 – Estrutura tarifária para categoria pública. ..... 54
Tabela 8 – TUSD - Tarifa de uso do sistema de distribuição/TE – Tarifa de energia. ..... 55
Tabela 9 – Período de retorno do investimento. ..... 56

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANA | Agencia Nacional de Águas |
| COEMA | Conselho Estadual do Meio Ambiente |
| CV | Cavalos-Vapor |
| IFTO | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins |
| m.c.a | Metros de Coluna D'Agua |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| NBR | Norma Brasileira |
| NMP | Número Médio Provável |
| NTU | Nephelometric Turbidity Units – Unidade de Turbidez Nefelométrica |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PNUMA | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| PROSAB | Programa de Pesquisa em Saneamento Básico |
| SEFAZ | Secretaria da Fazenda |

# Sumário


**1 INTRODUÇÃO ..... 14**

**2 PROBLEMA DE PESQUISA ..... 15**

**3 JUSTIFICATIVA ..... 15**

**4 OBJETIVOS ..... 15**

4.1 Objetivo Geral ..... 15

4.2 Objetivos Específicos ..... 15

**5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 16**

5.1 Distribuição da demanda de água doce no mundo ..... 16

5.2 Disponibilidade hídrica no Brasil ..... 17

5.3 Análise pluviométrica da cidade de Palmas ..... 20

5.4 Reúso da água ..... 21

5.4.1 Reúso urbano para fins não potáveis ..... 22

5.5 Critérios de qualidade para água de reúso ..... 23

5.6 Parâmetros de qualidade para água de reúso ..... 27

5.7 Sistema de reúso de água ..... 29

5.7.1 Coleta e transporte ..... 30

5.7.2 Tratamento ..... 31

5.7.3 Armazenamento ..... 31

5.7.4 Conjunto motobomba ..... 32

5.7.5 Distribuição ..... 33

**6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ..... 33**

6.1 Caracterização da área de estudo ..... 34

6.1.1 Piscina do IFTO *Campus* Palmas ..... 35

6.1.2 Blocos 14, 15, 16 e 17 ..... 39

6.2 Levantamento de gastos e consumo ..... 42

6.3 Análise econômica ..... 42

**7 RESULTADOS E DISCUSSÕES ..... 43**

7.1 Caracterização da água descartada no processo de tratamento ..... 43

7.2 Dimensionamento do sistema ..... 47

7.3 Levantamento do consumo de água ..... 50

7.4 Análise de potencial economia do sistema de reúso ..... 53
**8 CONCLUSÕES ..... 56**
**9 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 59**
**10 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO..... 60**
**APÊNDICE A – Metodologia para a determinação de parâmetros qualitativos da água ..... 64**
**APÊNDICE B – Memória de cálculo para dimensionamento do conjunto motobomba e tubulação de recalque..... 67**
**APÊNDICE C – Planilha orçamentária de implantação do sistema..... 68**
**APÊNDICE D – Projeto de reúso aproveitamento de água ..... 72**

# 1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento da população em todo o mundo, bem como o desenfreado desenvolvimento urbano e industrial, a demanda de água vem se tornando cada vez maior. Esse recurso, apesar de ser um bem essencial à vida, é um recurso finito, necessitando de uma atenção para seu uso racional.

Segundo Bernardi (2003), tendo em vista também as relações entre o preço de um recurso e sua disponibilidade, observa-se a importância da cobrança pelo uso dos recursos hídricos como ferramenta de gestão a ser implementado para incentivar o usuário a uma racionalização no uso desse recurso, mantendo um equilíbrio entre disponibilidades e demandas, além da proteção ambiental.

No Brasil existe uma gama significativa de aplicações potenciais para o reúso da água. O uso de efluentes tratados na agricultura, nas áreas urbanas, particularmente, para fins não potáveis, no atendimento da demanda industrial e na recarga artificial de aquíferos, é uma ferramenta poderosa para restaurar o equilíbrio entre oferta e demanda de água em várias regiões do Brasil (Hespanhol, 2002).

Nesse sentido, esse trabalho propõe-se a elaborar uma análise preliminar de potencial reúso da água descartada no processo de tratamento da água da piscina do IFTO, *Campus* Palmas.

Considerando o baixo índice pluviométrico no período de estiagem na cidade de Palmas - Tocantins, em seguida relacionando consumo e os gastos com o uso da água potável para irrigação dos jardins do IFTO, e por fim, a elaboração de um projeto de reúso da água descartada no processo de tratamento da água da piscina, com objetivo final de irrigar determinados gramados do IFTO.

# 2 PROBLEMA DE PESQUISA

A escassez de água é uma realidade, seja consequência de ausência de chuvas, desperdício na distribuição ou da contaminação da água pela falta de saneamento, desta forma, é possível implementar o reúso da água de maneira que seja possível mitigar essa demanda, reduzir custo operacional e além disso preservar o meio ambiente?

# 3 JUSTIFICATIVA

Para viabilizar o reúso da água é necessário estudos relativos à quantidade e a qualidade da água a ser utilizada chegando então aos meios necessários para tornar a água adequada ao novo uso.

Visando a utilização da água para fins não potáveis, sistemas de reúso de águas residuárias de determinadas origens podem ser uma grande ferramenta para o uso racional e economia, levando em conta determinados estudos de efetividade e viabilidade.

Além dos benefícios diretos, que são principalmente a diminuição do consumo de água potável para fins não potáveis, e a redução dos custos do fornecimento de água pela companhia de abastecimento, existem também os benefícios indiretos. Um deles é a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

# 4 OBJETIVOS

## 4.1 Objetivo Geral

Elaborar um sistema que permita a reutilização da água descartada proveniente do processo de tratamento da piscina do *Campus* Palmas para reúso na irrigação paisagística do IFTO, junto aos blocos 14, 15, 16 e 17.

## 4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a água e verificar a viabilidade da reutilização da água de limpeza da piscina para irrigação de jardins do *Campus* Palmas;

- Pré-dimensionar o sistema de coleta, reservatório, tratamento, e distribuição da água descartada no tratamento da piscina do IFTO - *Campus* Palmas;
- Reduzir do consumo de água potável, e posteriormente reduzir os gastos referentes a esse consumo junto aos blocos 14, 15, 16 e 17 do IFTO – *Campus* Palmas.

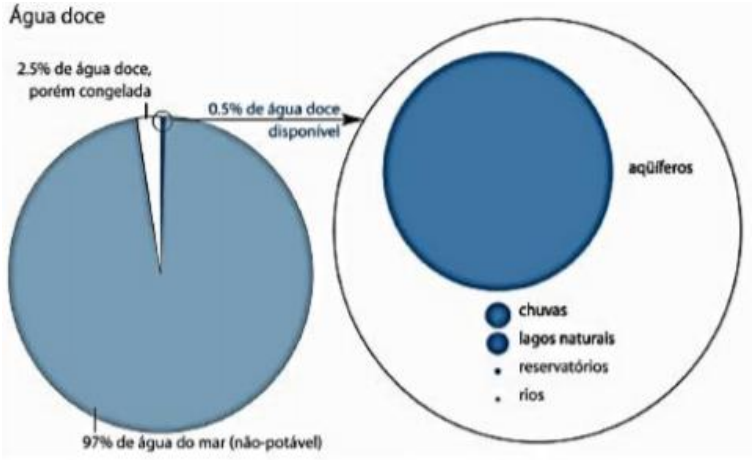
# 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 5.1 Distribuição da demanda de água doce no mundo

De acordo com Costa (2010), a água é um recurso natural indispensável para todos nós, desde o seu uso para o consumo humano, propriamente dito, como para incontáveis atividades, desde a mais básica até a mais complexa. É um recurso responsável pelo desenvolvimento do comércio e indústria, tal como a sustentação do equilíbrio ambiental. Apesar de nossa total dependência, a água doce é um bem finito, e equivale a menos que 3% do total de água no planeta Terra (ANA, 2009).

Segundo ANA (2009), desses 3% de água doce, apenas aproximadamente 0,5% está ao alcance para consumo humano. E mesmo essa pequena parcela, se encontra distribuída desigualmente pelo planeta, visto que apenas 10 países dispõem 60% do suprimento dessa água doce acessível, são eles: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos, Índia, Colômbia e a República Democrática do Congo. A Figura 1 apresenta a distribuição de toda água presente no mundo, e detalha a parcela de água doce disponível e onde ela pode ser encontrada.

**Figura 1** - Água doce no mundo.




Fonte: ANA (2009, p. 7).

Em relação à demanda de água no globo, esta é dividida em três amplas categorias: abastecimento humano, industrial e irrigação agrícola, sendo a última, a que representa a maior demanda, aproximadamente 70% do total, seguida pelo uso industrial, com 23%, e então o abastecimento humano, com 7% (BRITO; SILVA; PORTO, 2007).

Porém, esses percentuais podem variar em cada país, com base nos setores econômicos de cada um. Principalmente para fins industriais, esses que podem variar de 10% em países com renda baixa e média, até 59% para países com renda alta (ANA, 2009).

## 5.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

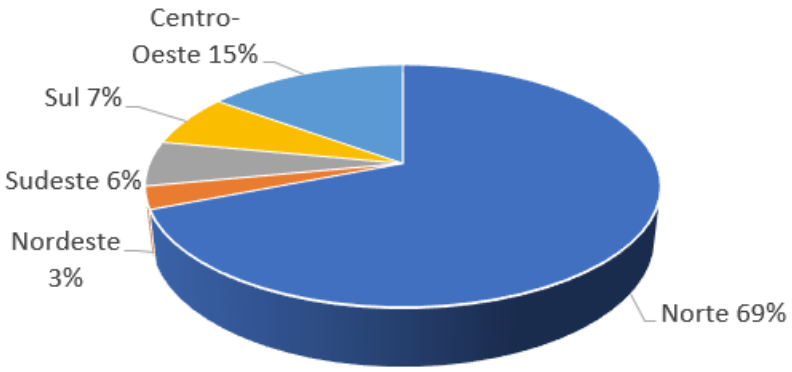
“A disponibilidade hídrica pode ser entendida como uma vazão de alta garantia no tempo, ou seja, uma vazão que estará acessível na grande maioria do tempo, mesmo em períodos secos” (ANA, 2016, p. 23)

Segundo ANA (2019) e MMA, ANA e PNUMA (2007), o Brasil tem posição privilegiada no planeta, quanto à disponibilidade hídrica, dispondo de cerca de 260 mil m³/s de água doce sendo escoadas pelo território brasileiro. Correspondendo a um total de 12% da disponibilidade hídrica mundial, que é de 1,5 milhões de m³/s.

Mesmo com toda essa abundância, algumas regiões ainda sofrem com a falta de água, devido à variada distribuição desse total, conforme apresenta o

Gráfico 1. Cerca de 70% de toda a vazão do país encontra-se apenas na bacia amazônica, esta que possui uma população residente bem menor, comparada a outras áreas onde o consumo de água é maior (ANA, 2019).

**Gráfico 1** - Disponibilidade hídrica no Brasil.



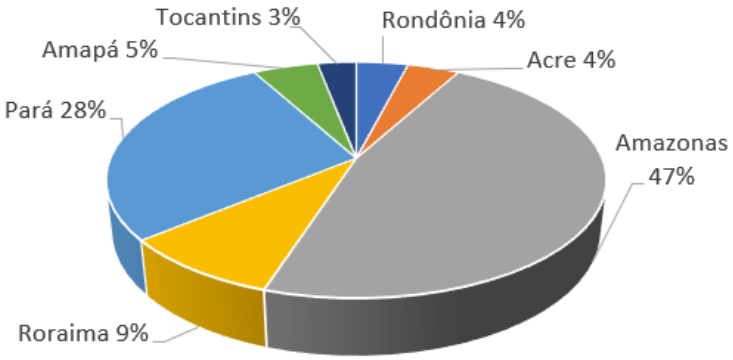

Fonte: Adaptado de REBOUÇAS (1999).

De acordo com MMA, ANA e PNUMA (2007), em relação à distribuição per capita, a vazão média de água no Brasil é de cerca de 33 mil m³/hab/ano, este volume é 19 vezes superior ao mínimo determinado pela ONU, de 1.700 m3/hab/ano.

Hespanhol (2002) diz que muitas regiões, apesar de possuírem recursos hídricos abundantes, também podem passar por conflitos de uso e sofrer restrições de consumo, pois esses recursos são insuficientes para satisfazer as demandas demasiadamente elevadas, afetando o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Essas dificuldades dão-se principalmente pelo aumento acelerado dos processos de urbanização nessas regiões, juntamente com a degradação da qualidade das águas. (LIMA, 2001).

A região norte, apesar de possuir quase 70% dos recursos hídricos de todo o país, também é afetada pela desigual distribuição destes recursos. Enquanto Amazonas e Pará detêm, respectivamente, cerca de 47% e 28% desta fração, os outros cinco estados vizinhos dividem os outros 25% restantes. O Tocantins, apesar de ser o terceiro maior estado da região norte, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos disponíveis nela, como é apresentado no Gráfico 2.

**Gráfico 2** - Disponibilidade hídrica na região norte.

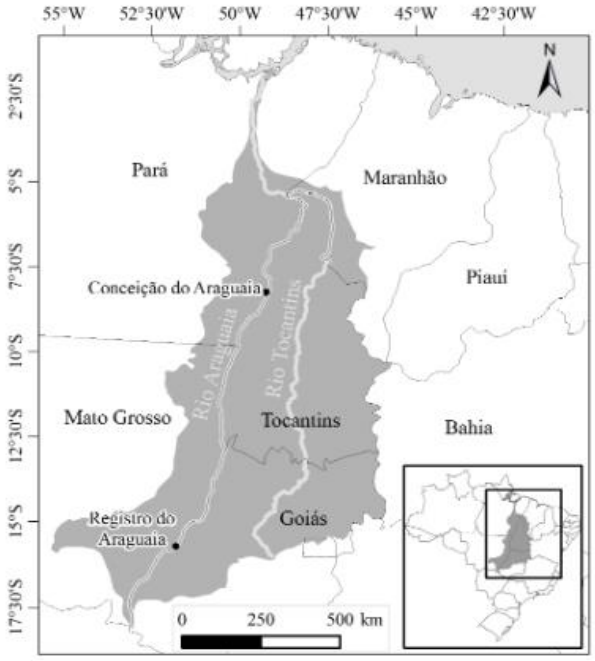



Fonte: Adaptado de REBOUÇAS (1999).

O estado do Tocantins encontra-se inteiramente situado dentro da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia, bacia esta que possui a maior área de drenagem totalmente inserida em território brasileiro. O estado compreende 30% dos 918.822 km² da área de drenagem desta bacia (ANA, 2009).

Na Figura 2 pode ser observada a localização do estado do Tocantins em relação à bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, bem como os dois rios que drenam as vazões das diversas sub-bacias do estado, são eles o Rio Tocantins e o Rio Araguaia (ANA, 2009).

**Figura 2** - Localização da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia.




Fonte: Adaptado de Viola et al., (2012).

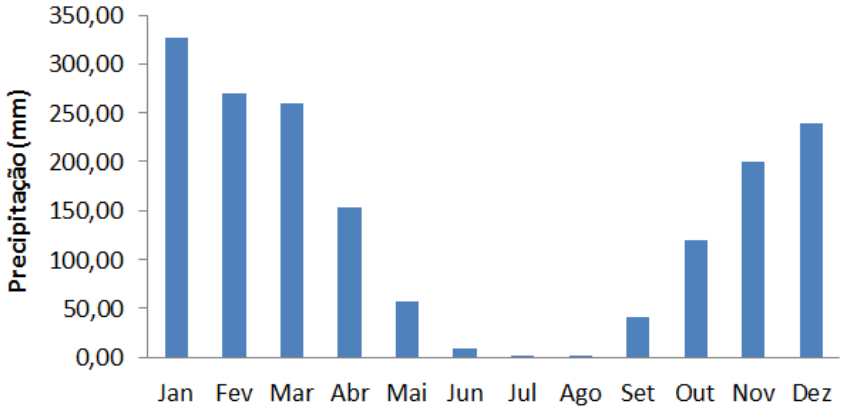
Palmas, capital do estado do Tocantins, situa-se na região Central em uma altitude de 260 metros. O município está localizado sobre duas bacias hidrográficas, são elas: bacia do rio Tocantins, na metade oeste de Palmas; e a bacia do rio das Balsas, na metade leste (SEFAZ, 2020).

### 5.3 Análise pluviométrica da cidade de Palmas

Segundo a SEFAZ - Secretaria da Fazenda e Planejamento do estado do Tocantins (2020), a precipitação anual climatológica do município é de 1789 mm, e verifica-se que nos meses de janeiro e de março são registrados os maiores valores mensais de precipitação, superiores a 240 mm. O período chuvoso de Palmas dura entre 170 e 180 dias, sendo o valor médio climatológico de 177 dias. Estes dias chuvosos se estendem entre os meses de novembro e abril, quando são observadas a ocorrência de até 8 veranicos por ano, em média, segundo a análise climática. Em janeiro e março podem ocorrer 18 dias com precipitação acima de 1 mm.

Como pode ser observado no Gráfico 3, no município prevalece o grande excedente hídrico no verão, com valores entre 200 mm e 600 mm, e duração entre os meses de janeiro a março. Em Palmas predomina a deficiência hídrica moderada no inverno, principalmente, entre os meses de junho e setembro, sendo mais intensa em agosto (SEFAZ, 2020).

**Gráfico 3** - Precipitação média em Palmas de 2007 a 2017.




Fonte: Adaptado de ANA (2021).

## 5.4 Reúso da água

O reúso pode ser definido como uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não.

O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH possui as seguintes definições:

> I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
> II - reúso de água: utilização de água residuária;
> III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
> IV - reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
> V - produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;
> VI - distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e
> VII - usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

Segundo Rodrigues (2005), classificação do reúso da água pode ser feita de duas principais maneiras:

- Quanto ao método (direto ou indireto), onde é considerado se há ou não descarte nos corpos hídricos, antes do próximo uso.
- E quanto à finalidade do uso, onde é levado em consideração principalmente situações de escassez as quais podem necessitar de padrões de qualidade menos restritivos. São diversos os possíveis usos para estas águas, são exemplos mais comuns:
    - Usos urbanos;
    - Usos urbanos para fins potáveis;
    - Usos urbanos para fins não potáveis;
    - Usos industriais;
    - Usos agrícolas.

De acordo com Mota *et al*. (2006), durante os últimos anos a população em todo mundo vem crescendo de forma acelerada, junto a isso o desenvolvimento industrial e tecnológico vem comprometendo cada vez mais as fontes de água disponíveis no planeta. Em um cenário como esse, a água se torna um recurso estratégico, sendo impossível a expansão tecnológica sem os recursos hídricos. Nas regiões áridas e semi-áridas, a água acabou se tornando uma condição restritiva para o desenvolvimento dos meios urbanos, industriais e agrícolas (HESPANHOL, 2002).

O reúso da água pode ser uma via para a liberação dos recursos hídricos que tenham melhor qualidade para os fins mais importantes, buscando também a preservação da saúde pública e do meio ambiente (RODRIGUES, 2005).

Segundo Bernardi (2003), o reúso da água para diversos fins surge como uma alternativa para aumentar a oferta de água, assim assegurando a economia desse recurso. Muitos países já contam com essa alternativa e possuem regulamentação específica na área. O Brasil, porém, ainda engatinha na disseminação e regulamentação dessa técnica com grande potencial.

### 5.4.1 Reúso urbano para fins não potáveis

Usos para fins não potáveis envolvem riscos bem menores e devem ser, de acordo com Hespanhol (2002), a principal opção de reúso para a área urbana. Apesar de serem mais seguros, são necessários alguns cuidados, sobretudo quando do uso, haver contato direto com a população.

> "Os maiores potenciais de reúso são os que empregam esgotos tratados para:
>
> - Irrigação de parque e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
> - Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
> - Reserva de proteção contra incêndio;
> - Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
> - Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;

- Lavagem de trens e ônibus públicos." (HESPANHOL, 2002, p. 78).

Ainda segundo Hespanhol (2002), os maiores problemas relacionados com o reúso urbano para fins não potáveis são principalmente os custos elevados de implantação desses sistemas duplos de distribuição, limitações operacionais, e os potenciais riscos de ocorrência de conexões cruzadas.

Para Rodrigues (2005), para que seja possível consumir uma grande quantidade de esgoto tratado, é necessário disponibilizá-lo ao usuário final no ponto da sua utilização, o que só é possível com a instalação de uma rede de transporte específica. No entanto, é sabido que o custo dessas intervenções é alto e, se forem suportadas apenas pelos usuários dessas águas, pode inviabilizar a implantação dessas medidas.

Considerando que os benefícios se estendem a todos os usuários e a alocação de custos que podem surgir com a implantação de uma rede específica de reúso de água, essas tarefas se tornarão viáveis (Ibid.).

## 5.5 Critérios de qualidade para água de reúso

O Brasil não possui padrões técnicos específicos para sistemas de reúso de água, em geral são adotados padrões internacionais de referência ou diretrizes técnicas desenvolvidas por instituições privadas. Este é um fator que dificulta a implantação dessa prática no país, pois a falta de legislação e regulamentação específica dificulta a atuação dos profissionais, e pode colocar em risco a saúde da população (REZENDE, 2016).

De maneira breve, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através NBR 13969/1997 classifica as águas de reúso local segundo seus principais usos e ainda estabelece alguns critérios de qualidade da água para reúso de acordo com seus usos pretendidos, como pode ser observado no Quadro 1 e no Quadro 2.

**Quadro 1** - Classificação das águas de reúso e seus principais usos segundo a NBR 13969/1997.

| Classe | Principais Usos |
|---|---|
| **1** | ● Lavagem de carros; e<br>● Outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes. |
| **2** | ● Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins;<br>● Manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. |
| **3** | ● Reúso nas descargas dos vasos sanitários. |
| **4** | ● Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gado; e<br>● Outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual. |

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997).

**Quadro 2 -** Critério de qualidade da água de reúso segundo a NBR 13969/97.

| Parâmetro | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 |
|---|---|---|---|---|
| Turbidez (UT) | <5 | <5 | <10 | - |
| CTer (NMP/100 mL) | <200 | <500 | <500 | <5000 |
| SDT (mg/L) | <200 | - | - | - |
| pH | Entre 6,0 e 8,0 | - | - | - |
| Cloro residual (mg/L) | Entre 0,5 e 1,5 | >0,5 | - | - |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | - | - | - | 2,0 |
| CTer: coliformes termotolerantes<br>pH: potencial hidrogeniônico<br>SDT: Sólidos Dissolvidos Totais | | | | |

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997).

As diretrizes da OMS, predominantemente voltadas para a agricultura, pouco se dedicam aos usos urbanos, referindo-se apenas à irrigação de parques e jardins, para os quais sugerem um padrão para coliformes termotolerantes de < 200 NMP/100mL e ovos de helmintos < 1 ovo/L (WHO, 1989).

No âmbito estadual, o estado do Ceará através do artigo 8 da resolução nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 do COEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente, dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, onde define os critérios para reuso de efluentes para fins urbanos, são eles:

- Coliformes termotolerantes: até 5000 CT/100 ml;
- Ovos geohelmintos: até 1ºvo/L de amostra;
- Condutividade elétrica: até 3000 µS/cm;
- pH entre 6,0 e 8,5;
- e para fins de irrigação paisagística, o parâmetro Coliformes termotolerantes deve ser até 1000 CT/100 ml.

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, através da publicação chamada “Reúso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento Para Este Fim” de 2006, propõe diretrizes para reúso urbano de esgotos sanitários. A modalidade é dividida em três categorias (restrito, irrestrito e predial) de acordo com o grau de exposição humana e as diretrizes são baseadas nas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) e estudos de avaliação de risco (Quadro 3).

**Quadro 3** - Diretrizes do PROSAB para usos urbanos de esgotos sanitários.

| Categoria | CTer 100mL$^{-1}$ (4) | Ovos de helmintos L$^{-1}$ (5) |
|---|---|---|
| Usos irrestritos (1) | ≤ 200 | ≤ 1 |
| Usos restritos (2) | ≤ 1x10$^4$ | ≤ 1 |
| Uso predial (3) | ≤1x10$^3$ | ≤ 1 |

(1) Irrigação (campos de esportes, parques, jardins e cemitérios, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar.
(2) Irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais e usos na construção.
(3) Descarga de toaletes; para efluentes com concentrações de DBO e NO3 inferiores a 30 e 50 mg/L, respectivamente, e potencial de oxirredução igual ou superior a 45mV, não é esperada a geração de odores no sistema de armazenamento
(4) Coliformes termotolerantes; média geométrica, alternativa e preferencialmente pode-se determinar *E. coli.*
(5) Nematoides intestinais humanos; média aritmética.
CTer: coliformes termotolerantes.

Fonte: Florencio, Bastos e Aisse (2006).

De forma resumida, o Quadro 4 apresenta em paralelo os parâmetros apontados por cada entidade mencionada, como critério necessário para a finalidade de irrigação irrestrita da água de reuso.

**Quadro 4** – Parâmetros de qualidade da água de reúso para irrigação irrestrita de parques e jardins adotados por cada entidade.

| Parâmetro | NBR 13969 | OMS | COEMA-CE | PROSAB |
|---|---|---|---|---|
| Condutividade | | | **X** | |
| Turbidez | **X** | | | |
| Coliformes Totais | | | **X** | |
| *E. coli* | **X** | **X** | **X** | **X** |
| pH | | | **X** | |
| Sólidos Dissolvidos Totais | | | | |
| Cloro Residual | **X** | | | |
| Oxigênio Dissolvido | | | | |
| Ovos de helmintos | | **X** | **X** | **X** |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

## 5.6 Parâmetros de qualidade para água de reúso

### 5.6.1 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Os sólidos em suspensão são os constituintes responsáveis por este parâmetro. A turbidez não representa risco direto à saúde, porém é esteticamente desagradável. Este parâmetro pode ser expresso em termos de unidades nefelométricas de turbidez (NTU), quando medido através de turbidímetro, ou unidades de atenuação da formazinha (FAU), quando medido por espectrofotômetro. Essas duas unidades podem ser relacionadas por meio de equações (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Von Sperling (2005) afirma que águas com turbidez de 10 UNT apresentam ligeira nebulosidade. O padrão de potabilidade determina que os valores máximos permitidos sejam de 0,5 UNT para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), e 1,0 UNT para filtração lenta.

### 5.6.2 Sólidos presentes na água

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Von Sperling (2005) classifica as partículas sólidas presentes na água simplificadamente da seguinte forma:

a) Classificação por tamanho e estado

- Sólidos em suspensão
- Sólidos coloidais
- Sólidos dissolvidos

b) Classificação pelas características químicas

- Sólidos voláteis
- Sólidos fixos

c) Classificação pela sedimentabilidade

- Sólidos sedimentáveis
- Sólidos não sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis são basicamente aqueles que quando submetidos ao teste do cone Imhoff se sedimentam após uma hora. Correspondem normalmente a cerca de 60% dos sólidos suspensos presentes em águas residuárias municipais filtrados (METCALF E EDDY, 2003).

Os sólidos voláteis compreendem o material que pode ser volatilizado quando submetido à temperatura de 500 ± 50°C, de maneira geral considera-se esta fração como sendo de origem orgânica. Os demais são classificados como sólidos fixos, representando a fração inorgânica ou mineral (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

De maneira geral, são considerados como sólidos dissolvidos aqueles com diâmetro inferior a 10-3µm, como sólidos coloidais, aqueles com diâmetro entre 10-3µm e 1 µm, e como sólidos em suspensão aqueles com diâmetro superior a 1 µm (VON SPERLING, 2005).

Na prática, devido à dificuldade de determinação da fração coloidal pelos métodos simplificados, sua grande maioria é considerada como sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

### 5.6.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H + (em escala antilogarítmica), dando uma indicação da condição de acidez ou alcalinidade da água, numa faixa de 0 a 14. Não oferece riscos saúde pública caso permaneça próximo a 7, que corresponde a neutralidade, já o pH baixo (acidez) potencializa a ocorrência de corrosão nas tubulações e peças, enquanto que valores de pH elevados (alcalinidade) facilita o surgimento de incrustações nas tubulações e podem estar associados à proliferação de algas (VON SPERLING, 2005).

### 5.6.4 Parâmetros biológicos

Os organismos encontrados no solo e nas águas residuais incluem bactérias, fungos, algas, protozoários, vírus, plantas e animais. Relativo à qualidade da água, os organismos de dimensões microscópicas, ou seja, os microrganismos, são de particular interesse devido à patogenicidade de determinados indivíduos. Organismos patogênicos são organismos que

humanos e animais carregam ou são excretados após serem infectados com doenças específicas e são os patógenos de uma série de doenças transmitidas pela água. Esses organismos podem pertencer a quatro categorias: bactérias, protozoários, vermes e vírus (METCALF E EDDY, 2003).

Microrganismos patogênicos geralmente estão presentes em pequenas quantidades nas águas, o que dificulta o isolamento e detecção dos mesmos, assim, utiliza-se organismos mais numerosos e fáceis de serem testados como indicadores da presença de patógenos. Vários organismos são utilizados como indicadores, como por exemplo, bactérias do grupo coliformes, estreptococos fecais, clostrídia redutores de enxofre (indica a possível sobrevivência de patógenos à desinfecção), bacteriófagos (indica a possível presença de vírus) e ovos de helmintos, este último é um parâmetro importante para avaliar o uso da água para irrigação, onde os trabalhadores podem ter contato direto com a água e os consumidores virem a ingerir estes organismos (VON SPERLING, 2005).

Dentre os organismos mais utilizados como indicadores estão as bactérias do grupo coliforme. Os coliformes totais (CT) foram os primeiros indicadores da poluição humana adotados, no entanto como não são de origem exclusivamente do trato intestinal humano e de animais, não indicam necessariamente a presença de organismos patogênicos (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Os coliformes fecais ou termotolerantes (CTer) são um subgrupo dos CT, composto praticamente de organismos de origem fecal. A *Escherichia coli* é o único coliforme exclusivo da flora intestinal de animais de sangue quente, dando a certeza de contaminação fecal, estes organismos também apresentam algumas cepas patogênicas (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

## 5.7 Sistema de reúso de água

Segundo a NBR 16783:2019, O sistema predial de água não potável deve ser totalmente independente do sistema predial de água potável. Deve-se elaborar o balanço hídrico e o estudo de viabilidade técnico econômico, para tomada de decisão da separação da água de fontes alternativas distintas em

sistemas que permitam o manejo específico de cada qualidade ou grupos de qualidade.

Elaborada por Sant' Ana et al., (2017), a Figura 3 apresenta um fluxograma simplificado que mostra os componentes mais comuns em um sistema de água não potável.

**Figura 3 -** Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável.




Fonte: Adaptado de Sant' Ana et al., (2017)

Quanto aos componentes do sistema de reúso, a NBR 16783:2019 especifica que os componentes em contato com a água não potável não podem afetar a qualidade da água, e devem ser utilizados materiais e componentes compatíveis com os sistemas de água não potável.

### 5.7.1 Coleta e transporte

Segundo Sant' Ana et al., (2017), as fontes alternativas para abastecimento predial em fins não potáveis podem incluir águas pluviais, águas cinzas, águas residuárias, águas subterrâneas, entre outras. Todo o processo inicia-se pela coleta da fonte alternativa de água por meio de uma rede de tubulações que conduz o efluente pelo processo de tratamento e retenção.

De acordo com a ABNT NBR 16783:2019, os sistemas prediais de coleta de efluentes provenientes de sistemas de água clara, água cinza clara, escura, negra e esgoto sanitário devem estar em conformidade com a ABNT NBR 8160:1999.

Apesar da falta de uma norma específica voltada ao reúso de águas cinzas, a ABNT NBR 8160:1999 apresenta os requisitos necessários para

dimensionamento, elaboração de projeto e execução de sua rede coletora (SANT'ANA et al., 2017).

### 5.7.2 Tratamento

A forma de tratamento da dependerá do seu destino, se for utilizada na limpeza de pisos e calçadas, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários e outros locais onde água não potável é permitida, o tratamento será mais básico. Para obter água potável, um sistema de tratamento mais complexo deve ser adicionado (MAY, 2009).

De acordo com a ABNT NBR 16783:2019, para determinação da tecnologia a ser adotada no tratamento devem ser consideradas as características da fonte alternativa, os usos não potáveis pretendidos, as vazões de projeto, a área técnica disponível e as condições para uso, operação e manutenção.

Assim como os poluentes contidos no esgoto possuem propriedades físicas, químicas e biológicas, os processos de tratamento também podem ser classificados dessa forma. Esses processos não são isolados e as mudanças que ocorrem em um determinado processo afetarão diretamente outros processos. Antes de escolher um processo de tratamento adequado para a água de reúso, é necessário definir claramente o padrão de reúso e a qualidade a ser alcançada. Alguns dos fatores que afetam o processo de design do processo são as condições do local e a área utilizável, bem como fatores econômicos (WHO, 1973).

Segundo Sant' Ana et al., (2017), os métodos primários e secundários de tratamento removem a maioria dos sólidos suspensos e matéria orgânica, já deixando o efluente em condições de padrões de qualidade próprias para o lançamento nos corpos d'água ou para a utilização para fins não potável.

### 5.7.3 Armazenamento

Segundo a ABNT NBR 16783:2019, a instalação das tubulações de distribuição deve atender tanto a mesma quanto à ABNT NBR 5626:1998. Ela também recomenda que o volume total de água não potável tratada armazenada no reservatório seja limitado ao período máximo de dois dias de

consumo, evitando-se o armazenamento prolongado e possíveis alterações da qualidade da água.

De acordo com May (2009), um fator chave para o sucesso de um sistema de reúso é o balanço entre o volume gerado e a demanda a ser atendida. O reservatório de retenção deve fornecer água à rede de distribuição, e o seu volume é dimensionado em função da vazão da oferta e demanda de água dentro de um determinado período de tempo. A falta de uso da água pode levar a sua estagnação e consequente proliferação de microrganismos que afetam a qualidade da água armazenada (SANT'ANA et al., 2017).

A ABNT NBR 16783:2019 estabelece que os reservatórios devem possuir dispositivo de extravasão e aviso, assim como dreno para limpeza, garantindo a segurança sanitária do usuário.

### 5.7.4 Conjunto motobomba

Segundo a ABNT NBR 12214:1992 o dimensionamento do conjunto motobomba deve atingir a alguns parâmetros, tais como, as velocidades máximas e mínimas, níveis de eficiência desejáveis, folgas de implantação da bomba e fundo do reservatório e NPSH disponível.

Existem diferentes tipos de bombas hidráulicas no mercado brasileiro. A mais utilizada em sistemas prediais de água são as bombas centrífugas. A bomba centrífuga contém um rotor giratório em eixo que promove uma ação centrífuga contínua capaz de extrair a água do reservatório por sucção e pressurizar a água para usos externos ou promover seu recalque a um reservatório de distribuição (SANT'ANA et al., 2017).

Para cálculo da potência da bomba e posterior escolha nos catálogos comerciais, deverá ter o conhecimento de alguns dados que dão subsídio a essa escolha, tais como: diâmetro da tubulação de sucção e recalque, vazão de bombeamento necessária, com base no consumo da edificação, perda de carga total e desnível a ser vencido para determinação da altura manométrica (AZEVEDO NETTO, 1998).

### 5.7.5 Distribuição

A rede de tubulação de distribuição de água não potável deve ser projetada de maneira independente para evitar uma possível conexão cruzada com a rede de tubulação de água potável. O projeto da rede de distribuição de água não potável deve prever soluções para trechos e aparelhos hidrossanitários que caem em desuso (SANT'ANA et al., 2017).

Segundo a ABNT NBR 16783:2019, a instalação das tubulações de distribuição deve atender à ABNT NBR 5626:1998. Uma vez que a mesma traz às recomendações dos materiais de construção utilizados nas tubulações. Exigindo a proteção contra interligação entre água potável e não potável. Ainda trazendo a metodologia do dimensionamento das tubulações, controle de ruídos e vibrações, limpeza e desinfecção dos reservatórios.

## 6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada neste trabalho foi dividida em duas etapas. A primeira consiste na revisão bibliográfica, abrangendo livros, revistas, periódicos, dissertações, teses, artigos e publicações.

A segunda etapa consistiu num estudo de caso. Este realizado no IFTO *Campus* Palmas, mais precisamente, nas áreas dos blocos novos: blocos 14, 15, 16 e 17.

Primeiramente foi feita uma análise da arquitetura das instalações do IFTO, buscando particularidades que podem existir já tendo em vista as futuras instalações que serão feitas, como tubulações e reservatórios. Junto a isso, foi feito um acompanhamento do serviço de limpeza e tratamento da água da piscina, buscando quantificar o volume descartado, e qualificar este efluente e seu potencial de reúso, através da realização de ensaios com as amostras recolhidas.

Depois de feitas todas as análises preliminares, foi dado início à etapa de elaboração do projeto, este buscando levar a água do seu ponto de descarte aos pontos finais de utilização.

Em seguida elaborada a planilha orçamentária, onde foram quantificados os custos de implantação do sistema de reúso, contendo os

valores dos serviços e materiais a serem utilizados. Através dessa planilha, pode ser feita a analisada a viabilidade da implantação do sistema.

## 6.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas, no município de Palmas - Tocantins. A localização do município é mostrada na Figura 4.

**Figura 4** - Localização do município de Palmas.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Palmas (2021).

O IFTO - *Campus* Palmas se localiza na quadra AE-SE-34, Alameda LO-05, s/n, - Plano Diretor Sul, Palmas - TO, e está localizado aproximadamente a 3 km do principal centro comercial e administrativo da capital.

As instalações do *campus* se dividem em blocos novos, sendo estes os blocos 14, 15, 16 e 17, e blocos antigos, que abrangem tanto os blocos 1 a 13, como a biblioteca e áreas esportivas, como pode ser observado na Figura 5.

**Figura 5** - Imagem Satélite do IFTO - *Campus* Palmas.




Fonte: Adaptado do Google Maps (2021).

Para o estudo realizado, foram levadas em consideração as medições de consumo de água do *campus*. O *campus* possui atualmente cinco hidrômetros que contemplam diferentes áreas:

- Blocos antigos e biblioteca;
- Blocos 14 e 15;
- Blocos 16 e 17;
- Piscina;
- Refeitório.

### 6.1.1 Piscina do IFTO *Campus* Palmas

A piscina está localizada no parque esportivo do IFTO, que conta com ginásio esportivo, piscina semiolímpica, quadras poliesportivas e campos de futebol. Quanto às dimensões, a piscina tem 25 metros de comprimento por 12,5 metros de largura e uma profundidade de 1,55 metros, conforme ilustrado na Figura 6. O volume estimado é de 485 m³.

**Figura 6** - Vista e dimensões da piscina do IFTO - *Campus* Palmas.

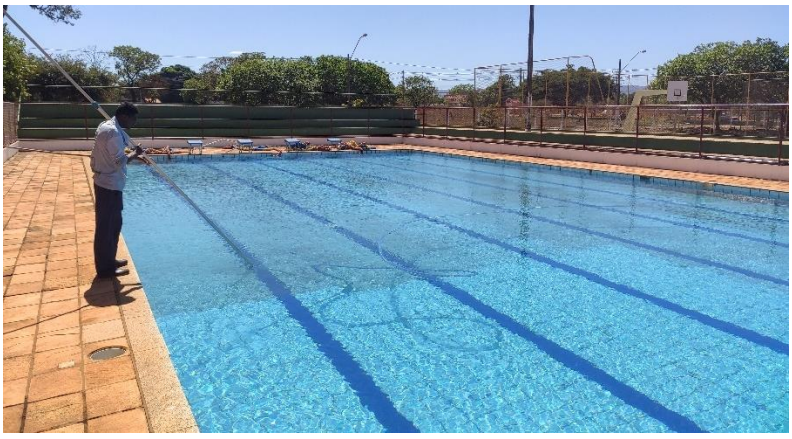



Fonte: Acervo do autor (2021).

#### 6.1.1.1 Caracterização da água descartada

Primeiramente, foi realizado o monitoramento do processo de limpeza da água da piscina, visando estimar o volume médio de água descartada durante o procedimento, esse procedimento de aspiração pode ser observado na Figura 7.

**Figura 7** – Processo de aspiração do fundo da piscina.



Fonte: Acervo do autor (2021).

Além disso, foi feita a caracterização da qualidade físico-química e microbiológica deste resíduo líquido. No Quadro 5 são apresentados os métodos analíticos utilizados para caracterização qualitativa da água descartada.

**Quadro 5** - Métodos analíticos para caracterização qualitativa da água descartada.

| Parâmetros monitorados | Unidade | Método analítico | Referência |
|---|---|---|---|
| Temperatura | °C | Eletrodo digital | - |
| Turbidez | NTU | Nefelométrico | De acordo com Clesceri, Greenberg e Eaton (1998) |
| Condutividade Específica (CE) | $\mu S.cm^{-1}$ | Condutivímetro | |
| Coliformes totais e *Escherichia coli (E. coli)* | $NMP.100mL^{-1}$ | Colilert | |
| Potencial hidrogeniônico (pH) | - | Eletrométrico | |
| Sólidos dissolvidos totais | mg.L | Gravimétrico | |
| Cloro residual | $mg.L^{-1}$ | Espectrofotométrico | |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | Winkler | |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Para as análises de temperatura, turbidez, condutividade, pH e cloro residual foram utilizados equipamentos específicos para cada um desses parâmetros, como pode ser visto na Figura 8.

**Figura 8** – Análises qualitativas por meio de equipamentos.




(A)




(B)







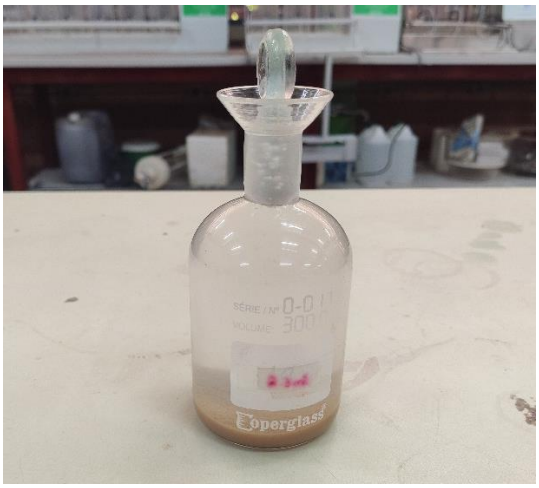
(C) (D)

(A) – Condutivímetro e tempretura; (B) – Espectrofotômetro para cloro residual;
(C) – Turbidímetro; (D) – Medidor de pH.
Fonte: Acervo do autor (2021).

Alguns dos parâmetros devem ser medidos por metodologias específicas, como é o caso da análise de coliformes, sólidos dissolvidos totais e oxigênio dissolvido, representados na Figura 9. Para a determinação desses parâmetros foram seguidas metodologias especificas para cada um, essas metodologias estão disponíveis para a leitura no apêndice A desse trabalho.

**Figura 9** – Análises qualitativas por meio de procedimentos e metodologias.






(A) (B)



(C)

(A) – Cartela para quantificação de coliformes; (B) – Ensaio para determinação do oxigênio dissolvido; (C) – Banho-maria para a determinação dos sólidos totais.

Fonte: Acervo do autor (2021).

Só então, a partir dos resultados obtidos, foi feita a análise de viabilidade do uso dessa água descartada para o fim pretendido.

### 6.1.2 Blocos 14, 15, 16 e 17

Comumente denominados por “blocos novos”, são os blocos do IFTO mais recentemente construídos, esses blocos possuem posição e arquitetura diferenciada em relação aos blocos mais antigos. Eles estão localizados mais próximos à entrada principal e possuem dois pisos cada.

Entrando em operação em 2015, os blocos 14 e 15 foram os primeiros a serem construídos e utilizados. Como podem ser observados na Figura 10, eles possuem primeiro e segundo piso compostos por sala de aula e salas administrativas.

**Figura 10** - Blocos 14 e 15 do IFTO - *Campus* Palmas.




Fonte: Acervo do autor (2021).

Os blocos 16 e 17, apresentados na Figura 11, que por sua vez, entraram em operação em 2018, tem arquitetura semelhante, divergindo apenas em relação à utilização do primeiro piso, sendo este totalmente aberto, compondo assim, áreas de convivência, onde os alunos podem desfrutar mais de seu local de estudo, trocando experiências com outros alunos, e também para uso de diversas atividades.

**Figura 11** - Blocos 16 e 17 do IFTO - *Campus* Palmas.



Fonte: Acervo do autor (2021).

### 6.1.2.1 Áreas irrigadas

Os blocos novos dispõem de áreas verdes compostas por grama, entre si e em seus arredores, conforme a Figura 12. Essas áreas são periodicamente irrigadas tanto de forma manual, através de mangueira convencional, quanto por meio de mangueiras perfuradas, conectadas a torneiras localizadas próximas a essas áreas, principalmente no período da estiagem, quando a cidade de Palmas passa por um período de até três meses de baixíssima pluviometria.

**Figura 12** - Áreas irrigadas.



(A)



(B)



(C)



(D)

(A) – Área em frente aos quatro blocos; (B) – Área entre os blocos 14 e 15; (C) – Área entre os blocos 15 e 16; (D) – Área entre os blocos 16 e 17.

Fonte: Acervo do autor (2021).

### 6.1.2.2 Áreas internas e externas

Apesar de ter como propósito principal a irrigação das áreas verdes, as áreas de externas dos blocos, como áreas de circulação comuns aos quatro blocos, e área de convivência nos blocos 15 e 16, também podem ser

contempladas com o reúso da água para limpeza superficial dos pisos, bem como as salas de aula do primeiro piso dos blocos 14 e 15. Alguns exemplos como esses são mostrados na Figura 13.

**Figura 13 -** Áreas externas.



(A) (B)

(A) – Área de circulação, comum nos quatro blocos; (B) – Área de convivência no bloco 17.
Fonte: Acervo do autor (2021).

## 6.2 Levantamento de gastos e consumo

Para o levantamento de gastos e consumo de água pelo IFTO - *Campus* Palmas, foram solicitadas, junto à administração do *campus*, as faturas mensais cobradas pela companhia de distribuição de água para a análise documental dos custos operacionais.

## 6.3 Análise econômica

Por fim, foram levantados todos os dados referentes aos custos de implantação e operação do sistema de reúso de água. A partir disso, foram levantadas informações para realizar a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema.

Os custos de implantação do sistema correspondem basicamente aos custos de equipamentos, materiais e serviços. Desse modo, ao término do projeto foi levantado o quantitativo de cada elemento para elaboração de uma planilha orçamentária com os custos totais de implantação da obra. As composições de cada atividade e os preços com cotações no mercado local serão realizadas com o auxílio da PLANILHA MÚLTIPLA da CAIXA e tabelas

do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da construção civil (SINAPI) referente ao mês de julho de 2021.

# 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 7.1 Caracterização da água descartada no processo de tratamento

### 7.1.1.1 Análise quantitativa

A quantificação do volume de água descartado nos processos de aspiração foi feita a partir da cota do desnível de água. Antes do início e após o término do procedimento foi medido o nível da água e aferida a diferença de cota. Multiplicou-se essa diferença à área da piscina obtendo-se assim, o volume total descartado.

A Tabela 1 apresenta as medições executadas e estimativas de volumes de água descartada em quatro dias de acompanhamento.

**Tabela 1** – Desnível da água e volume estimado de água descartada

| Data da coleta | Desnível da água da piscina (cm) | Estimativa do volume de água descartada (L)[1] |
|---|---|---|
| 01/07/2021 | 4,5 | 14.062,5 |
| 08/07/2021 | 5,5 | 17.187,5 |
| 29/07/2021 | 5,1 | 15.937,5 |
| 12/08/2021 | 8,4 | 26.250 |
| Valor médio | 5,9 | 18.359,4 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

[1]Volume estimado através do desnível ao final da operação de aspiração do conteúdo do fundo da piscina.

As medições foram feitas em quatro dias em que foi realizada a aspiração da piscina, e ao final disso foi calculado o volume médio descartado que foi de 18.359,4 litros de água.

### 7.1.1.2 Análise qualitativa

Através análise qualitativa buscou-se caracterizar a água descartada e sua possível utilização para irrigação de jardins e limpeza de pisos, a Tabela 2 apresenta todos os resultados obtidos ao final de todos os procedimentos.

**Tabela 2** – Valores observados em relação aos parâmetros qualitativos da água descartada durante o processo de tratamento da água da piscina.

| Parâmetro | Unidade | Data da Coleta | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 01/jul | 08/jul | 29/jul | 12/ago |
| Temperatura | °C | 26,8 | 25,1 | 27,5 | 28 |
| Condutividade | µS/cm | 388 | 399 | 358 | 407 |
| Turbidez | NTU | 7,4 | 123 | 78,6 | 11,7 |
| Coliformes Totais | $NMP.100mL^{-1}$ | 2419 | 22,3 | 9,8 | 39,9 |
| *E. coli* | $NMP.100mL^{-1}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH | - | 7,9 | 8,1 | 8,3 | 8,5 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | $mg.L^{-1}$ | 256 | 436 | 470 | 385 |
| Cloro Residual | $mg.L^{-1}$ | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Oxigênio Dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 6,1 | 7,4 | 7,3 | 8,1 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

O Quadro 6 apresenta os critérios de qualidade da água de reuso com o propósito para irrigação paisagística irrestrita, apontando os limites máximos e/ou mínimos para cada parâmetros e correlacionando cada um dos critérios de cada entidade.

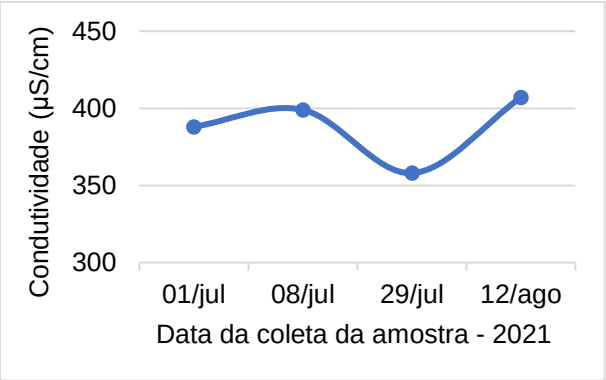
**Quadro 6 -** Síntese de critérios de qualidade da água de reúso para irrigação irrestrita de parques e jardins adotados por cada entidade.

| | NBR 13969 | OMS | COEMA-CE | PROSAB |
|---|---|---|---|---|
| Condutividade (µS/cm) | | | **<3000** | |
| Turbidez (NTU) | **<5** | | | |
| Coliformes Totais (NMP/100mL) | | | | |
| *E. coli* (NMP/100mL) | **<500** | **<500** | **<1000** | **<200** |
| pH | | | **Entre 6,0 e 8,5** | |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) | | | | |
| Cloro Residual (mg/L) | **>0,5** | | | |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | | | | |
| Ovos de helmintos (und/L) | | **≤ 1** | **≤ 1** | **≤ 1** |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Em relação à condutividade, a amostragem apresentou resultados entre 358 e 407 $\mu S.cm^{-1}$, como pode ser observado no Gráfico 4, estando dentro dos limites estabelecidos pelo COEMA, que determina um limite máximo de até 3000 $\mu S.cm^{-1}$para o uso final desejado dessa água de reuso.

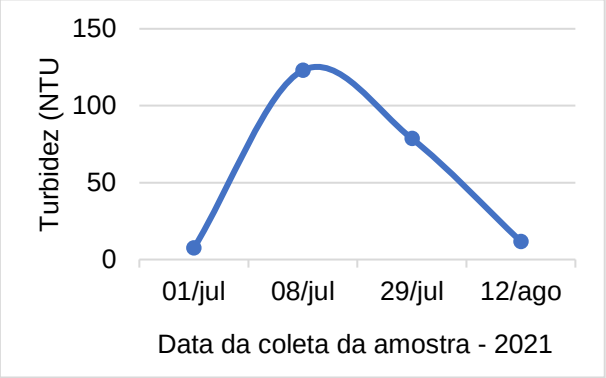
**Gráfico 4** – Condutividade da amostragem.




Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Para turbidez, a amostragem apresentou resultados bastante variados, entre 7,4 e 123 NTU, como mostra o Gráfico 5. Entre as entidades abordadas nesse trabalho, a NBR 13969/97 é a única que estabelece limites máximos para a turbidez, limitando em até 5 NTU a turbidez máxima para o propósito final de reúso desejado.

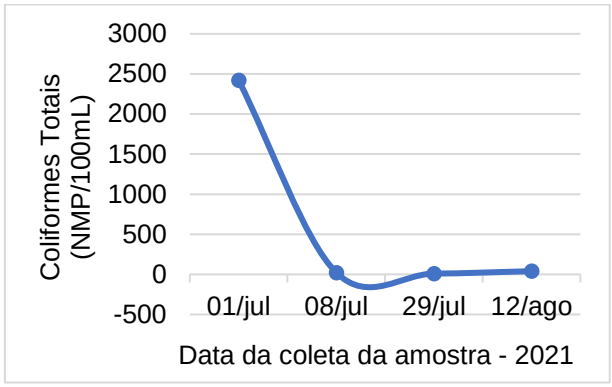
**Gráfico 5** – Turbidez da amostragem.




Fonte: Dados de pesquisa (2021).

No que diz respeito aos coliformes totais, três das quatro amostras apresentaram valores esperados, menores que 100 NMP.100mL$^{-1}$, enquanto a amostra do primeiro dia apresentou um valor incompativelmente alto em relação aos outros, este apontando 2.419 NMP.100mL$^{-1}$. Os resultados podem ser observados no Gráfico 6.

**Gráfico 6** – Coliformes totais presentes na amostragem.



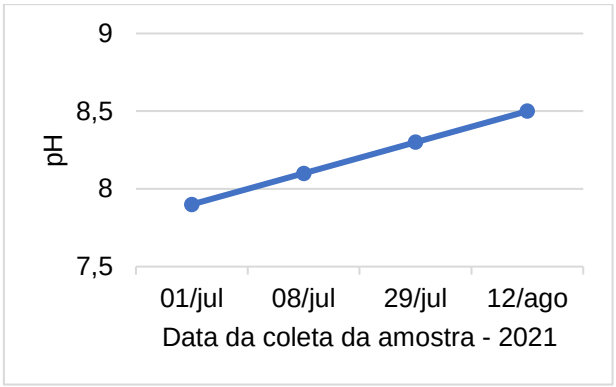

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Por não estar havendo o monitoramento dos procedimentos de limpeza da piscina até a data em questão é difícil especular a razão para esse valor ser tão destoante dos outros três, porém esse resultado não influencia na qualidade da amostra para o uso desejado. Nenhuma das entidades estudadas determina limites para o número de coliformes totais, apenas para os coliformes termotolerantes ou *E. coli.*

Para a irrigação urbana irrestrita a NBR 13969/97 e a OMS determinam um número de *E. coli* de até 500 NMP.100mL$^{-1}$, o COEMA até 1000 NMP.100mL$^{-1}$, e o PROSAB até 200 NMP.100mL$^{-1}$, A amostragem apresentou um número de *E. coli* de zero para as quatro amostras, estando dentro dos padrões esperados.

Em relação ao pH, as amostras apresentaram resultados esperados, estando entre 7,9 e 8,5, como é apresentado no Gráfico 7. Os resultados se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pelo COEMA.

**Gráfico 7** – pH da amostragem.

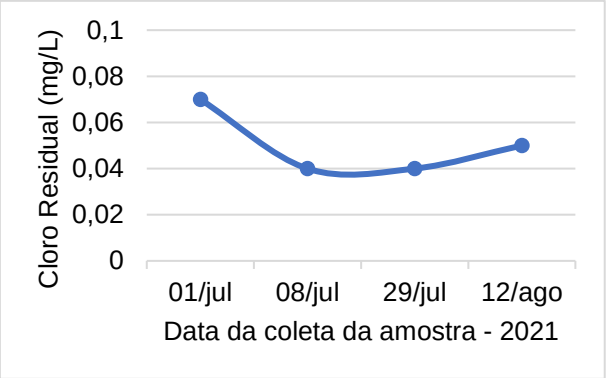



Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Para cloro residual, os resultados apresentaram valores semelhantes para as quatro amostras, variando entre 0,04 e 0,07 mg.L$^{-1}$, como pode ser visto no Gráfico 8. Os resultados se mantiveram abaixo do estabelecido pela

NBR 13969/97, que determina um limito mínimo de 0,5 $mg.L^{-1}$ para cloro residual, demonstrando a necessidade de dosagem de cloro na água antes de disponibiliza-la para reúso irrestrito.

**Gráfico 8** – Cloro residual da amostragem.




Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Dos parâmetros apresentados relativos à qualidade da água, apenas a quantificação de ovo de helmintos não foi realizada, julgou-se dispensável a avaliação desse parâmetro, pois a piscina é abastecida com água potável e o acesso a mesma é controlado.

## 7.2 Dimensionamento do sistema

### 7.2.1.1 Tubulação de coleta

A tubulação de saída da bomba da piscina é de PVC, com o diâmetro de 50 mm, atualmente a tubulação desagua nas margens do campo de futebol ao lado da piscina, como é mostrado na Figura 14.

**Figura 14** – Descarte final da água da piscina.



Fonte: Acervo do autor (2021).

Para a coleta dessa água despejada, será mantida a tubulação em PVC com o mesmo diâmetro, conectando a saída e prolongando seu percurso até a o reservatório de retenção, localizado na casa de máquinas a ser edificada ao lado do ginásio do *campus*, como está demonstrado no projeto. Estima-se que a bomba da piscina, modelo 3B-M da marca JACUZZI, tenha potência suficiente para vencer a altura geométrica detalhada em projeto, visto que a mesma possui potência de 3 CV.

#### 7.2.1.2 Reservatórios

O reservatório de retenção ou reservatório inferior, foi dimensionado para suportar a capacidade média de água descartada no processo de aspiração da piscina, utilizando como base os dados obtidos anteriormente através do monitoramento do procedimento de aspiração. Portanto foi escolhido um reservatório de 20.000 L, capacidade equivalente a aproximadamente 110% do volume médio descartado no procedimento de tratamento.

Os reservatórios de distribuição ou reservatórios superiores, serão dois, de 1.000 litros cada e independentes, localizados na casa de máquinas dos blocos 15 e 16. Esse volume foi adotado para atender as restrições relacionadas a capacidade estrutural da laje de cobertura.

Os reservatórios de distribuição disporão ainda, um sistema de abastecimento de água potável, visto que a ABNT NBR 5626 esclarece que as instalações prediais de água devem ser projetadas de modo que garantam o fornecimento de água de forma contínua nos pontos de utilização da edificação. Para tanto, as instalações hidráulicas de água não potável devem prever meios para garantir o abastecimento contínuo de água potável em caso de falta de água da reúso.

#### 7.2.1.3 Conjunto motobomba

O dimensionamento do conjunto motobomba foi feito com base no método de Azevedo Netto (1998) para seu dimensionamento.

Adotou-se um tempo de funcionamento para a bomba de 1 h/dia, obtendo-se uma vazão de 0,0011 m³/s para o funcionamento da bomba. Com a

vazão e número de horas de funcionamento, determinou-se os diâmetros de sucção e recalque.

A valor máximo da velocidade de recalque e sucção é 2,26 m/s e 1,38 m/s respectivamente. Os valores de diâmetros calculados e de suas respectivas velocidades são apresentados na Tabela 3, e o memorial de cálculo disposto no apêndice B deste trabalho.

**Tabela 3** – Cálculo do diâmetro das tubulações de sucção e recalque.

| | |
|---|---|
| η | 0,6 |
| Material da tubulação | PEAD |
| Tempo de funcionamento da bomba (h) | 1 |
| Vazão (m³/s) | 0,0011 |
| Diâmetro de recalque adotado (mm) – Diâmetro externo | 32 |
| Diâmetro de sucção (mm) – Diâmetro externo | 32 |
| Velocidade de recalque (m/s) | 2,26 |
| Velocidade de sucção (m/s) | 1,38 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Pela análise do projeto arquitetônico, calculou-se uma altura geométrica de 10,50 m. Com base nos comprimentos das tubulações e comprimentos equivalentes das conexões, e nas perdas de carga unitárias, obteve-se uma perda de carga total de 65,89 m.c.a, obtendo-se uma altura manométrica de 76,39 m.

Logo, utilizando os dados calculados, obteve-se uma bomba com 2,5 CV de potência que atenderá o sistema de forma adequada. Para orçamento, foi adotada uma bomba de 3 CV, que tem capacidade de vencer a altura manométrica e suprir com folga o sistema.

Para o recalque, foi escolhido a tubulação do tipo PEAD, pelo custo, redução de emendas e por conseguinte a diminuição da possibilidade de vazamento e perda.

#### 7.2.1.4 Tubulação de água fria

As tubulações de água fria foram dimensionadas para alimentar as torneiras de jardim, que foram projetadas em locais estratégicos para a facilidade de acesso com o objetivo principal de rega de jardins.

Cada ponto de utilização de água não potável deverá ter a devida sinalização para que não haja qualquer equivoco no uso final dessa água.

## 7.3 Levantamento do consumo de água

Através da análise das faturas de água do *campus*, entre os anos de 2018 e 2020, foram levantados os valores de consumo para os diferentes hidrômetros do *campus*. É importante observar que os blocos 16 e 17 entraram em operação apenas no fim do primeiro semestre de 2018, portanto não há dados de consumo referentes a eles nos primeiros meses do ano de 2018.

A Tabela 4, a Tabela 5 e a Tabela 6 apresentam o consumo de água para em cada hidrômetro do *campus*, assim como os valores pagos por cada fatura.

**Tabela 4** – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2018.

| Consumo x Valor Pago no mês de 2018 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mês** | **Blocos 14 e 15** | | **Blocos 16 e 17** | | **Piscina** | |
| | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** |
| **janeiro** | 87 | 775,07 | - | - | 15 | 95,47 |
| **fevereiro** | 105 | 944,97 | - | - | 15 | 95,47 |
| **março** | 116 | 1048,79 | - | - | 15 | 95,47 |
| **abril** | 92 | 822,27 | - | - | 43 | 359,76 |
| **maio** | 164 | 2783,15 | 56 | 894,05 | 87 | 797,93 |
| **junho** | 155 | 2625,72 | 76 | 1243,89 | 45 | 701,68 |
| **julho** | 301 | 5956,25 | 161 | 2930,92 | 32 | 533,06 |
| **agosto** | 436 | 8108,69 | 218 | 3992,63 | 166 | 3028,98 |
| **setembro** | 402 | 7475,39 | 217 | 3973,99 | 174 | 3177,99 |
| **outubro** | 249 | 4625,61 | 131 | 2372,14 | 182 | 3326,99 |
| **novembro** | 119 | 2204,21 | 83 | 1582,87 | 139 | 849,71 |
| **dezembro** | 132 | 2446,35 | 68 | 1198,69 | 55 | 961,48 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

**Tabela 5** – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2019.

| Consumo x Valor Pago no mês de 2019 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mês** | **Blocos 14 e 15** | | **Blocos 16 e 17** | | **Piscina** | |
| | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** |
| **janeiro** | 149 | 2684,29 | 41 | 672,66 | 15 | 188,38 |
| **fevereiro** | 167 | 3019,57 | 66 | 1149,52 | 112 | 1995,12 |
| **março** | 127 | 2274,53 | 66 | 1138,32 | 15 | 188,38 |
| **abril** | 170 | 3075,43 | 139 | 2498,02 | 42 | 691,29 |
| **maio** | 158 | 2851,93 | 140 | 2516,66 | 190 | 3447,97 |
| **junho** | 201 | 3652,86 | 107 | 1901,98 | 59 | 1007,94 |
| **julho** | 265 | 4844,92 | 137 | 2460,78 | 163 | 2945,04 |
| **agosto** | 372 | 6837,92 | 211 | 3839,12 | 295 | 5403,71 |
| **setembro** | 316 | 5794,86 | 215 | 3913,62 | 195 | 3541,09 |
| **outubro** | 169 | 3056,83 | 109 | 1939,23 | 67 | 1156,95 |
| **novembro** | 128 | 2293,13 | 96 | 1697,1 | - | - |
| **dezembro** | 119 | 2125,51 | 82 | 1436,33 | 23 | 337,37 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

**Tabela 6** – Consumo de água e valor pago por mês no ano de 2020.

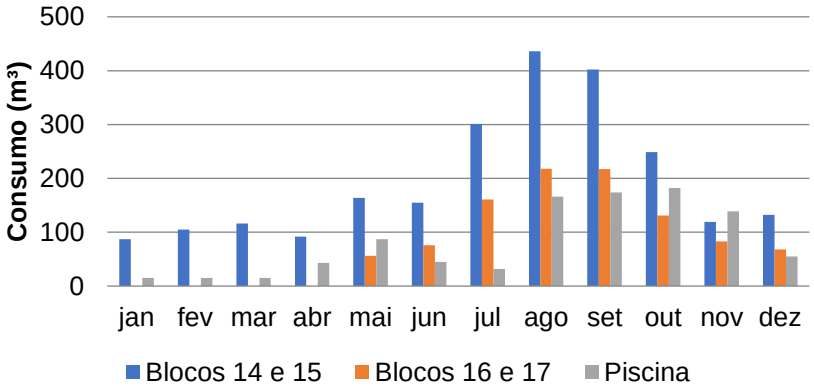
| Consumo x Valor Pago no mês de 2020 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mês** | **Blocos 14 e 15** | | **Blocos 16 e 17** | | **Piscina** | |
| | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** | **Consumo (m³)** | **Valor (R$)** |
| **janeiro** | 74 | 1287,32 | 33 | 523,66 | 15 | 188,38 |
| **fevereiro** | 167 | 2516,3 | 133 | 1988,56 | 15 | 156,99 |
| **março** | 162 | 2438,7 | 95 | 1398,73 | 15 | 156,99 |
| **abril** | 78 | 1134,87 | 20 | 234,6 | 15 | 156,99 |
| **maio** | 95 | 1398,73 | 18 | 203,55 | 15 | 156,99 |
| **junho** | 53 | 746,82 | 15 | 156,99 | 37 | 498,45 |
| **julho** | 62 | 1063,82 | 15 | 188,38 | 41 | 672,66 |
| **agosto** | 90 | 1585,35 | 15 | 188,38 | 118 | 2106,88 |
| **setembro** | 191 | 3466,58 | 43 | 709,92 | 67 | 1156,95 |
| **outubro** | 199 | 3752,83 | 82 | 1502,7 | 139 | 2516,79 |
| **novembro** | 15 | 325,62 | 15 | 254,75 | 12 | 207,15 |
| **dezembro** | 21 | 300,15 | 15 | 188,38 | 133 | 2386,28 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Os grandes acréscimos no consumo nos meses de julho a outubro são referentes justamente ao incremento de água potável utilizado para irrigação no período da estiagem mais intensa.

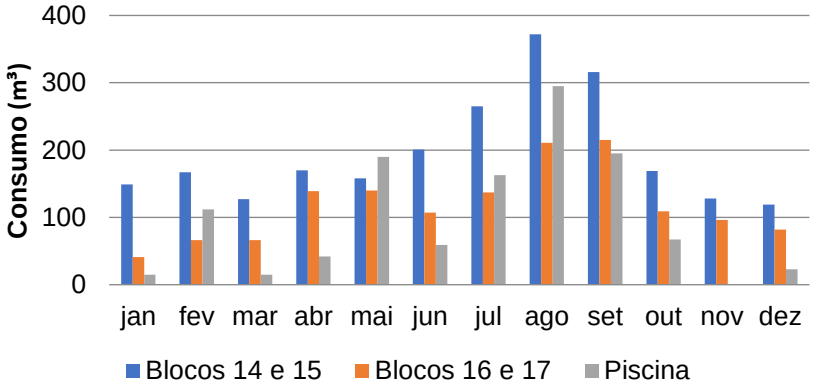
A partir desses dados pôde ser analisado como se comporta o consumo de água no decorrer do ano. Esse comportamento pode ser observado no Gráfico 9, no Gráfico 10 e no Gráfico 11, a seguir.

**Gráfico 9** – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2018.



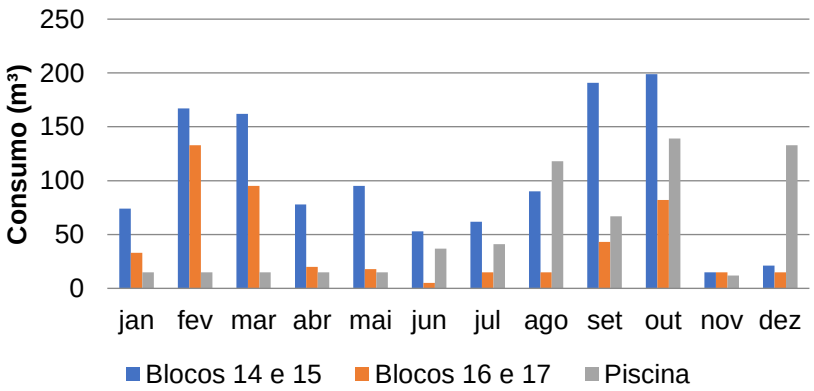

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

**Gráfico 10** – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2019.




Fonte: Dados de pesquisa (2021).

**Gráfico 11** – Consumo de água por mês nos blocos 14 a 17 e piscina no ano de 2020.




Fonte: Dados de pesquisa (2021).

Analisando os gráficos referentes aos anos de 2018 e 2019 nota-se que no período entre os meses de maio e outubro, o consumo de água aumenta consideravelmente em comparação com o período entre os meses de novembro e abril. Esse período em que o consumo é maior, é exatamente o período de estiagem da região de Palmas, quando a cidade pode ficar sem chuva por mais de três meses.

Esse aumento de consumo de água considerável nos períodos de estiagem pode ser relacionado a alguns fatores principais que são um grande aumento da necessidade de irrigação dos gramados dos blocos, e também devido às limpezas dos pisos dos blocos, visto que no período de estiagem há um grande aumento dos ventos na cidade, o que traz mais poeira e sedimentos para dentro dos blocos, gerando um aumento relativo na quantidade de água utilizada para as limpezas diárias ou até mesmo um aumento na frequência de limpeza dos blocos.

Em agosto de 2019 foi registrado um grande aumento no consumo de água no hidrômetro que abastece a piscina do *campus*, segundo informações da administração, isso se deve ao fato de um dos registros de alimentação estar defeituoso, gerando vazamento.

Entretanto, no ano de 2020 o comportamento do gráfico de consumo de água é consideravelmente diferente dos dois anos anteriores. Isso se deve ao fato de que no início desse ano foi decretada a pandemia mundial do coronavírus ou Covid-19. Desde então até a data da elaboração deste trabalho, o *campus* vem tendo atividades não presenciais, com exceção das atividades essenciais para a sua manutenção.

## 7.4 Análise de potencial economia do sistema de reúso

Após a finalização do dimensionamento dos reservatórios, diâmetros das tubulações, potência do conjunto motobomba, foi possível levantar o quantitativo de matérias e serviços para a implantação do sistema de reúso de água proposto pela pesquisa.

A planilha orçamentária encontra-se no apêndice C desse trabalho, e os custos das composições unitárias presentes nela foram obtidos com base no SINAPI referente ao mês de julho de 2021 e as quantidades foram

determinadas em conformidade com o projeto elaborado que segue também no apêndice desse trabalho. O custo total de implantação obtido foi de R$ 86.276,15.

Para a elaboração de uma estimativa de retorno do investimento, foi necessário obter os valores referentes à estrutura tarifária da companha de abastecimento. As tarifas mensais cobradas pela BRK Ambiental para categoria pública se encontram na Tabela 7.

**Tabela 7** – Estrutura tarifária para categoria pública.

**PÚBLICO**

| TIPO | FAIXA M³ INTERVALO | VOLUME POR FAIXA | ALIQUOTA (PREÇO P/M³) | FATOR DE DEDUÇÃO | VALOR DA FAIXA | VALOR ACUMULADO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 00 - 15 | 15 | 7,71 | - | 115,58 | 115,58 |
| P2 | > 15 | - | 11,43 | 55,83 | - | - |

Fonte: BRK Ambiental (2021).

Os blocos abastecidos se enquadram na categoria pública, logo o valor mensal cobrado será dado pela multiplicação do volume consumido pela alíquota, dentro dos intervalos de consumo para cada valor de alíquota. O valor final faturado é obtido somando-se o a é obtido do valor de consumo de água acrescentando-se 80% desse valor referente à taxa de coleta de esgoto cobrada pela companhia de abastecimento.

Partindo do pressuposto que a água de reúso fornecida pelo sistema proposta vai ser utilizada em sua totalidade, tendo em vista que a aspiração da piscina é feita uma vez por semana, quando em um cenário de normalidade, pode-se afirmar que o sistema fornecerá uma quantidade média de 18,44 m³ de água por semana, aproximadamente 73,43 m³ mensais e 881,25 m³ anuais.

O consumo mensal de água potável fornecida pela concessionaria após a instalação do sistema e a sua devida utilização, seria reduzido em até 73,43m³ por mês. Esse volume multiplicado pelo valor da alíquota P2, e somando 80% desse montante, referente à coleta de esgoto, obtém-se então um valor total de até R$ 1.510,75 mensais e R$ 18.128,99 anuais, que poderia ser economizado com a implantação do sistema proposto em relação à tarifa de água e esgoto.

Para estimar o gasto de energia com o funcionamento do conjunto motobomba, foi utilizada como base para o cálculo a tarifa fornecida pela companhia de distribuição de energia elétrica que pode ser observada na Tabela 8. Para a edificação em estudo foi adotada a tarifa B3 para poderes públicos, cuja tarifa é de aproximadamente 0,668 R$/KWh.

**Tabela 8** – TUSD - Tarifa de uso do sistema de distribuição/TE – Tarifa de energia.

| **MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO** | | **TUSD + TE** |
|---|---|---|
| **TARIFA** | **CLASSES** | **CONSUMO (R$/KWH)** |
| B1 | RESIDENCIAL SEM BENEFÍCIO | 0,66799 |
| | RESIDENCIAL BR - CONSUMO ATÉ 30 KWH | 0,22048 |
| | RESIDENCIAL BR - CONSUMO DE 31 A 100 KWH | 0,37797 |
| | RESIDENCIAL BR - CONSUMO DE 101 A 220 KWH | 0,56696 |
| | RESIDENCIAL BR - CONSUMO ACIMA DE 220 KWH | 0,62995 |
| B2 | RURAL | 0,58784 |
| | RURAL IRRIGAÇÃO | 0,19399 |
| | COOPERATIVA DE ELETRIF. RURAL | 0,58784 |
| | SERVIÇO DE IRRIGAÇÃO | 0,56111 |
| B3 | COMERCIAL SERVIÇOS E OUTROS | 0,66799 |
| | INDUSTRIAL | 0,66799 |
| | PODERES PÚBLICOS | 0,66799 |
| | SERVIÇO PÚBLICO | 0,62791 |
| B4 | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | - |
| | B4A - REDE DE DISTRIBUIÇÃO | 0,3674 |
| | B4B - BULBO DA LÂMPADA | 0,40079 |

Fonte: Energisa (2021).

O consumo de energia elétrica correspondente a 3 CV é 2,21 kW. Adotou-se como tempo de funcionamento 1 hora diária durante 22 dias por mês. Assim obteve-se um custo mensal de 32,43 R$/mês.

Portanto, subtraindo o gasto financeiro necessário para o funcionamento da bomba da economia gerada pela diminuição de consumo de água, obtém-se uma economia final mensal de até R$ 1.478,32, e R$ 17.739,84 ao ano.

Partindo em função do capital inicial investido de R$ 86.276,15 e a taxa anual de juros de 5,25%, inflação projetada pelo Banco Central do Brasil para

2021 (BCB, 2021). Observou-se que o período necessário é de aproximadamente seis anos, mais precisamente 5 anos e 9 meses. A Tabela 9 demostra os resultados obtidos.

**Tabela 9** – Período de retorno do investimento.

| Tempo | Valor Investido | Economia anual | Economia anual corrigida | Acumulado |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 86.276,15 | | | -86.276,15 |
| 1 | | 17.739,84 | 16.854,95 | -69.421,20 |
| 2 | | 17.739,84 | 16.014,21 | -53.406,99 |
| 3 | | 17.739,84 | 15.215,40 | -38.191,59 |
| 4 | | 17.739,84 | 14.456,44 | -23.735,15 |
| 5 | | 17.739,84 | 13.735,33 | -9.999,82 |
| 6 | | 17.739,84 | 13.050,20 | 3.050,38 |

Fonte: Dados de pesquisa (2021).

# 8 CONCLUSÕES

Através do estudo realizado, buscou-se aferir a viabilidade de implantação de um sistema de reúso da água específico, essa viabilidade por sua vez, é composta de segmentos distintos, que estão relacionados à quantidade de água de reúso disponível, qualidade da água de reúso, efetividade do sistema, benefício econômico e por fim, mas não menos importante, o interesse na preservação do meio ambiente e seus recursos naturais.

Em relação à quantidade de água de reúso disponível, chegou-se à conclusão de que o sistema oferece um volume de água de reúso considerável de até 73,43 m³ mensais nos pontos de uso. Esse volume representa até 36% do consumo de água potável nos meses de menor consumo, e até 13% nos meses de maior consumo, nos blocos 14 a 17, em condições normais de uso.

Para a caracterização qualitativa da água, foram necessárias diversas análises, físicas, químicas e biológicas. Em algumas dessas análises foram obtidos resultados esperados, porém em outras não.

Para condutividade, coliformes totais, *E. coli*, pH, sólidos dissolvidos totais e oxigênio dissolvido, os resultados obtidos se encontraram dentro do esperado e também dentro dos limites estabelecidos pelas organizações

abordadas. Para a turbidez e cloro residual foram obtidos resultados esperados, porém fora dos limites estabelecidos pela NBR 13969/97, sendo assim, para entrar em conformidade com os critérios da norma para reúso irrestrito, seria necessário aplicar um tratamento básico a essa água, como decantação e/ou filtração como solução para a turbidez, e para correção dos níveis de cloro residual, seria necessária uma dosagem de cloro.

Entretanto, caso se avalie apenas os critérios estabelecidos pela OMS, pelo COEMA e pelo PROSAB, a caracterização desse efluente estaria dentro dos limites para o reúso irrestrito, com ressalva aos ovos de helmintos, que não teve seu ensaio especifico realizado neste trabalho, por considerar-se dispensável pelo motivo de a piscina ser abastecida com água oriunda do sistema público que fornece água potável, além de todas as análises de *E. coli* terem apresentados resultados de ausência para o mesmo. Entretanto sugere-se que seja realizada a quantificação de ovos de helmintos em trabalhos futuros, para a confirmação da sua ausência, ou se for o caso, como forma de atestar que uma água com *E. coli* ausente seja passível de ter ovos de helmintos.

Em relação à efetividade do sistema proposto, buscaram-se alternativas mais simples, porém práticas e eficientes. Desde o dimensionamento dos reservatórios, conjunto motobomba e tubulações até a locação da casa de máquinas a ser implantada, essa que abrigará o reservatório de retenção, devendo estar localizada o mais próximo da bomba de sucção da piscina, para que não haja demasiada perda de carga no transporte da água descartada.

Em relação à economia, a partir da elaboração da planilha orçamentária, avaliou-se que o sistema custe um valor de R$ 86.276,15 e que gere uma economia anual de R$ 17.739,84, sendo assim o seu período de retorno do investimento, cerca de 5 anos e 9 meses.

Apesar de toda economia, busca-se também uma forma de colaborar com a preservação do meio ambiente, procurando preservar e proteger os bens e os recursos naturais, principalmente a água, um bem finito. Ao final do estudo, estimasse que o sistema possa fornecer anualmente 881,25 m³ de água de reúso não potável, esse volume representa 881,25 m³ a menos no consumo de água potável fornecido pela companhia de abastecimento

anualmente, por conseguinte menos 881,25 m³ de água retirados dos corpos hídricos.

Ao final do estudo, ao se relacionar a necessidade de tratamento, mesmo que básico, o alto custo de investimento, e o período de retorno, acredita-se que essa pode não ser a opção mais viável, tanto econômica, quanto efetivamente.

# 9 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao termino desse trabalho, são sugeridos alguns campos para trabalho futuros como:

- Elaborar sistema de irrigação para o campo de futebol do IFTO – *Campus* Palmas, com reuso de água de descarte da piscina como parte dessa água do sistema de irrigação;
- Verificar o custo de implantação para reuso da água do poço tubular existente no IFTO – *Campus* Palmas para complementar a irrigação do campo de futebol e dos jardins do IFTO – *Campus* Palmas;
- Verificar junto a companhia de abastecimento se há condição de solicitar uma ligação de água apenas para irrigação de jardins, sem incremento da tarifa de esgoto;
- Verificar do funcionamento físico do hidrômetro quando se liga a rede de irrigação direto da rede pública, verificando a medição direta de vazão;
- Elaborar um estudo de viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial do ginásio do IFTO – *Campus* Palmas;
- Realizar um estudo de viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água oriundos da coleta dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do IFTO – *Campus* Palmas;
- Realizar quantificação de ovos de helmintos para a confirmação da sua ausência, ou se for o caso, como forma de atestar que uma água com *E. coli* ausente seja passível de apresentar ovos de helmintos.

# 10 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Água, fatos e tendências**. Brasília, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos:** informe 2016. Brasília, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos:** informe 2019. Brasília, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries Históricas**. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/. Acesso: 28 mai. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** – Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção– Requisitos. Rio de Janeiro, 2020.

AZEVEDO NETO, J. M.. **Manual de Hidráulica**. Edgard Blucher, 8ª ed. São Paulo, 1998.

BCB - Banco Central do Brasil. **Relatório de inflação - Junho/2021**. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/publicacoes/ri. Acesso: 29 ago. 2021.

BERNARDI, C. C.. **Reúso de água para irrigação.** 2003. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Sustentável de Agricultura Irrigada, Ecobusiness School, Distrito Federal, 2003.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília – DF, março de 2006.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: BRITO; L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2007.

BRK AMBIENTAL. **Estrutura tarifária**. 2021. Disponível em: https://www.brkambiental.com.br/tocantins/agua-e-esgoto/sua-conta/estrutura-tarifaria/. Acesso: 29 ago. 2021.

CEARÁ. Resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente nº 2, de 2 de fevereiro de 20017 - Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. **Diário Oficial do Estado,** Fortaleza –CE, fevereiro de 2017.

COSTA, R. H. P. G. Água: matéria-prima primordial à vida. In: TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água:** conceitos, teorias e práticas. 2. ed. São Paulo: Blucher, 59 2010. Cap. 1, p. 1- 11.

ENERGISA, **Tipos de Tarifas**. 2021. Disponível em: https://www.energisa.com.br /empresa/Paginas/poder-publico/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx. Acesso: 29 ago. 2021.

FLORENCIO, L., BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). **Tratamento e utilização de esgotos Sanitários.** PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.

HESPANHOL, I., Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** São Paulo, v. 7, n. 4, p.75- 95, dez. 2002.

JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 969 p.

LIMA, J. E. F. W., **Recursos hídricos no Brasil e no mundo.** Brasília: Embrapa, 2001.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de aguas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificação.** 223 p. Tese (doutorado em Engenharia hidráulica e sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering: treatment and reuse.** 4 ed. Nova York, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). **GEO Brasil:** recursos hídricos: resumo executivo. Brasília: MMA; ANA, 2007.

MOTA, M. B. R et al. Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários. **Revista Ciências do Ambiente On-line,** São Paulo, v. 2, n. 2, p.1-6, ago. 2006.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: E ,scrituras Ed., 1999. 717 p.

REZENDE, A. T. de. **REÚSO URBANO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NO BRASIL**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

RODRIGUES, R. dos S.. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil:** Proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, área de concentração Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São 61 Paulo, São Paulo, 2005.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P.; ALVARES, K. C. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações.** Princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, Universidade de Brasília, 2017.

SEFAZ - Secretaria da Fazenda e Planejamento. Subsecretaria do Planejamento e Orçamento. Superintendência de Planejamento Governamental. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. Gerência de Zoneamento Territorial (GZT). **Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável.** Elaboração das Cartas Climáticas do Estado do Tocantins. Palmas: SEFAZ/GZT, 2020.

VIOLA, M. R. et al. Modelagem hidrológica em uma sub-bacia hidrográfica do baixo rio Araguaia, TO. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 38-47, 2012.

VON SPERLING, M.. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WORLD HEALTHY ORGANIZATION. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO meeting of experts. World Health Organization - Technical Report Series Geneva World Health Organization, Genebra, 1973.

WORLD HEALTHY ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical Report series, Genebra: n. 778, 1989.

# APÊNDICE A – Metodologia para a determinação de parâmetros qualitativos da água

## Metodologia para a Determinação de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

### Material necessário

- Proveta 100 ml;
- Cápsula de porcelana 150 ml;
- Banho – Maria;
- Balança analítica de precisão;
- Estufa de secagem;
- Dessecador.

### Procedimento:

1. Lavar e secar a cápsula em estufa a 103 - 105 $^{o}$C por 1 hora (realizar o experimento sempre em triplicata);
2. Retirar a cápsula da estufa e resfriar em dessecador por 30 minutos;
3. Pesar em balança analítica e anotar o peso (chamar de P0 e informar na Tabela 1);

**Tabela 1 –** Pesos de cápsulas da determinação de sólidos de amostra.

| **Cápsulas** | **Pesos (g)** | |
|---|---|---|
| | **P0** | **P1** |
| Nº 01 | | |
| Nº 02 | | |
| Nº 03 | | |

4. Tomar numa proveta 100 mL da amostra e transferir para a cápsula;
5. Colocar no banho-maria até evaporar todo o conteúdo;
6. Levar para a estufa a 103 – 105 $^{o}$C e deixar por 1 hora;
7. Retirar da estufa e colocar no dessecador por 30 minutos;
8. Pesar em balança analítica (chamar de P1 e informar na Tabela 1).

**CÁLCULO:**

Sólidos Totais (mg/L) = (P1 - P0) X 10000

**Observação**: Esse fator 10000 é utilizado se o volume de amostra utilizado for igual a 100 ml.

**Metodologia para a Determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) - Método de WINKLER**

**Material necessário**

- Frasco de DBO;
- Proveta de 250 ml;
- Pipeta volumétrica de 5 ml;
- Béquer;
- Pipetador;
- Bureta;
- Erlenmeyer;
- Pisseta com água destilada.

**Procedimento:**

1. Encher o frasco de DBO lentamente, sem perturbar a massa líquida;
2. Adicionar 1 mL de sulfato manganoso e logo em seguida 1 mL da azida sódica. Fechar o frasco e agitá-lo por inversão. Deixar o precipitado sedimentar por alguns minutos;
3. Adicionar 1 mL de ácido sulfúrico concentrado, fechar o frasco de DBO e agitá-lo bem para dissolver completamente o material precipitado e distribuir de forma homogênea o iodo liberado;
4. Logo em seguida medir lentamente numa proveta 200 mL da amostra assim tratada para um erlenmeyer de 250ml;
5. Titular o iodo liberado com a solução de tiossulfato de sódio de normalidade conhecida até a coloração amarelo ou claro;
6. Adicionar entre 4 a 8 gotas do indicador amido e, em seguida, prosseguir a titulação até o desaparecimento da cor do indicador;
7. Anotar o volume gasto na titulação.

**CÁLCULO:**

$$O.D\ (mg/L) = \frac{\text{volume gasto na titulação(mL)} \times \text{normalidade} \times 8000}{Vc\ (mL)}$$

Onde:

$$Vc = \frac{(\text{Volume do frasco} - 2) * 200}{\text{Volume do frasco}}$$

**Metodologia para a detecção e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* - Método COLILERT**

**Material necessário**

- Frasco estéril de 100 mL;
- Sache Colilert IDEXX;
- Cartela Quanti-Tray 2000;
- Seladora;
- Incubadora Bacteriológica;
- Tabela NPM;
- Lanterna UV fluorescência 365NM.

**Procedimento:**

1. Adicionar o conteúdo de um pacote a uma amostra de 100 mL de água em um recipiente estéril;
2. Tampar o recipiente e agite até dissolver;
3. Despejar a mistura de amostra / reagente em uma cartela Quanti-Tray 2000 e selar na seladora;
4. Colocar a bandeja selada em uma incubadora de 35 ± 0,5 ° C por 24 horas;
5. Ler os resultados de acordo com a tabela de interpretação do resultado abaixo;
6. Utilizar na leitura a Lanterna UV, para obter o obter o número mais provável de *E. coli;*
7. Contar o número de poços positivos e consulte a tabela NMP fornecida com as bandejas para obter um número mais provável.

# APÊNDICE B – Memória de cálculo para dimensionamento do conjunto motobomba e tubulação de recalque

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| V | 4000 | L | Volume diário estimado | |
| T | 3600 | s | Tempo de funcionamento diário | |
| Q | 1,1111 | L/s | Vazão | V/T |
| | | | | |
| Q | 0,0011 | m³/s | Vazão | V/T |
| C | 150 | | Coeficiente de rugosidade PEAD | |
| Dn | 0,025 | m | Diâmetro útil da tubulação de recalque | |
| | | | | |
| L | 260 | m | Comprimento tubulação (m) | |
| | | | | |
| PCC | 58,99 | m | Perda de carga contínua (Fair-Whipple-Hsiao) | 0,000824*L*Q^1,75 *D^-4,75 |
| PCL | 6,9 | m | Perda de carga localizada | |
| PCT | 65,89 | m | Perda de carga total | PCC+PCL |
| | | | | |
| Hg | 10,50 | m | Altura geométrica | |
| | | | | |
| Hm | 76,39 | m | Altura manométrica | Hg+PCT |
| | | | | |
| P | 1,70 | CV | Potencia | Hm*Q |
| | | | | |
| Pcor | 2,55 | CV | Potência corrigida para bombas inferiores a 2 CV | P*1,5 |
| | | | | |
| Vr | 2,26 | m/s | Velocidade de recalque | |
| Vs | 1,38 | m/s | Velocidade de sucção | |

# APÊNDICE C – Planilha orçamentária de implantação do sistema

| PLANILHA ORÇAMENTÁRIA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Item** | **Código SINAPI** | **Descrição** | **Unid.** | **Quant.** | **Preço Unitário** | **Total** |
| 1 | Composição | ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA | mês | 0,50 | 8.568,83 | 4.284,42 |
| 2 | 99059 | LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018 | m | 22,00 | 42,97 | 945,34 |
| 3 | 95957 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, PARA EDIFICAÇÃO INSTITUCIONAL TÉRREA, FCK = 25 MPA. AF_01/2017 | m³ | 1,63 | 2.910,95 | 4.744,85 |
| 4 | 92778 | ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015 | kg | 130,00 | 14,52 | 1.887,60 |
| 5 | 96536 | FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017 | m² | 12,84 | 57,43 | 737,40 |
| 6 | 92427 | MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020 | m² | 13,32 | 47,16 | 628,17 |
| 7 | 94974 | CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MANUAL. AF_05/2021 | m³ | 4,50 | 361,27 | 1.625,72 |
| 8 | 7156 | TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-196, (3,11 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 5,0 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM | m² | 30,00 | 41,23 | 1.236,90 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 87504 | ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014 | m² | 109,00 | 65,35 | 7.123,15 |
| 10 | 87905 | CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014 | m² | 218,00 | 6,37 | 1.388,66 |
| 11 | 89173 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, APLICADO MANUALMENTE, TRAÇO 1:2:8, EM BETONEIRA DE 400L, PAREDES INTERNAS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, EDIFICAÇÃO HABITACIONAL UNIFAMILIAR (CASAS) E EDIFICAÇÃO PÚBLICA PADRÃO. AF_12/2014 | m² | 218,00 | 27,69 | 6.036,42 |
| 12 | 88489 | APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014 | m² | 218,00 | 12,96 | 2.825,28 |
| 13 | Composição | ESTRUTURA METALICA PERFIS LAMINADOS SOLDADOS, INCLUSO FABRICAÇÃO, INSTALAÇÃO E ICAMENTO | kg | 420,00 | 11,78 | 4.947,60 |
| 14 | 94210 | TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MÁXIMA DE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019 | m² | 30,00 | 41,49 | 1.244,70 |
| 15 | 39022 | PORTA DE ABRIR EM ACO TIPO VENEZIANA, COM FUNDO ANTICORROSIVO / PRIMER DE PROTECAO, SEM GUARNICAO/ALIZAR/VISTA, 87 X 210 CM | un | 1,00 | 275,00 | 275,00 |

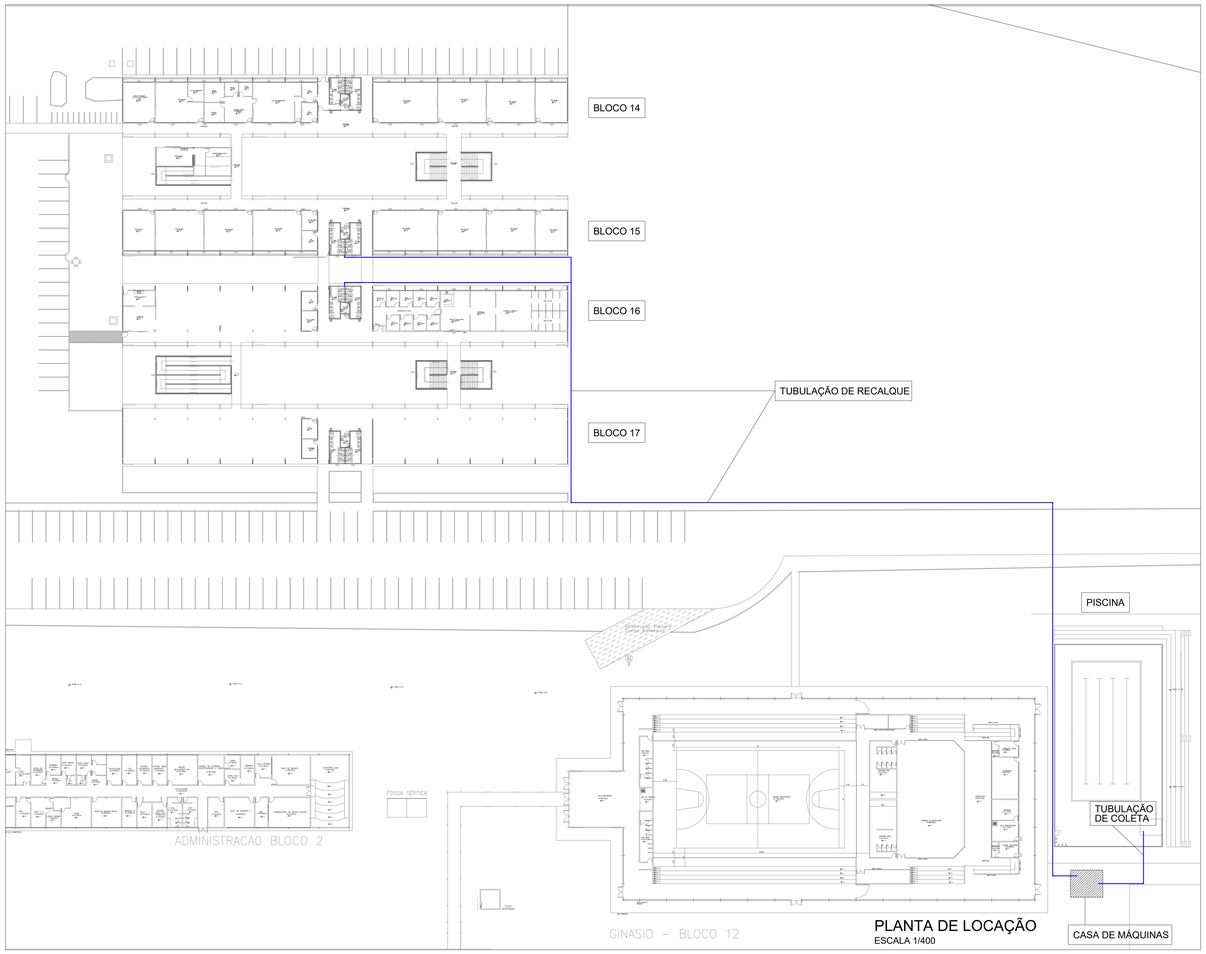
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 91785 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 25 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL, RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO OU PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015 | m | 41,00 | 35,63 | 1.460,83 |
| 17 | 9815 | TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD), PE-80, DE = 32 MM X 3,0 MM DE PAREDE, PARA LIGACAO DE ÁGUA PREDIAL (NBR 15561) | m | 310,00 | 12,24 | 3.794,40 |
| 18 | 91786 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 32 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL, RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO OU PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015 | m | 15,00 | 27,54 | 413,10 |
| 19 | 91793 | (COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBO DE PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM (INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES PARA, PRÉDIOS. AF_10/2015 | m | 27,00 | 73,73 | 1.990,71 |
| 20 | 94483 | CONJUNTO HIDRÁULICO PARA INSTALAÇÃO DE BOMBA, DN SUCÇÃO 32 (1 1/4”) E DN RECALQUE 25 (1”), PARA EDIFICAÇÃO ATÉ 4 PAVIMENTOS – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016 | un | 2,00 | 1.016,99 | 2.033,98 |
| 21 | Pesquisa de Mercado | BOMBA MULTIESTÁGIO SCHNEIDER ME-AL 1530V 3CV MONOFÁSICA 127/220V COM CAPACITOR | un | 2,00 | 3.260,83 | 6.521,66 |
| 22 | 102136 | INSTALAÇÃO DE QUADRO ELÉTRICO PARA BOMBAS TRIFÁSICAS ATÉ 25 CV (NÃO INCLUI O FORNECIMENTO DO QUADRO). AF_12/2020 | un | 1,00 | 49,62 | 49,62 |
| 23 | Pesquisa de Mercado | TANQUE DE POLIETILENO 20.000 LITROS | un | 1,00 | 12.399,00 | 12.399,00 |
| 24 | 102623 | CAIXA D´ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS (INCLUSOS TUBOS, CONEXÕES E TORNEIRA DE BÓIA) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2021 | un | 2,00 | 835,07 | 1.670,14 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 94796 | TORNEIRA DE BOIA, ROSCÁVEL, 3/4" , FORNECIDA E INSTALADA EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA. AF_06/2016 | un | 2,00 | 30,22 | 60,44 |
| 26 | 86916 | TORNEIRA PLÁSTICA 3/4" PARA TANQUE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020 | un | 2,00 | 25,44 | 50,88 |
| 27 | 94672 | JOELHO 90 GRAUS COM BUCHA DE LATÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, X 3/4" INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016 | un | 2,00 | 9,64 | 19,28 |
| 28 | 101812 | RECOMPOSIÇÃO DE REVESTIMENTO EM CONCRETO ASFÁLTICO (USINAGEM PRÓPRIA), PARA O FECHAMENTO DE VALAS - INCLUSO DEMOLIÇÃO DO PAVIMENTO. AF_12/2020 | m³ | 0,24 | 1.345,49 | 322,92 |
| **OBS: O BDI adotado para o orçamento foi de 22%, conforme orientação do TCU, que se encontra no quadro 12 do documento "ESTUDO SOBRE TAXAS REFERENCIAIS DE BDI DE OBRAS PÚBLICAS E DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS RELEVANTES", de maio de 2013.** | | | | **Total sem BDI** | | **70.718,16** |
| | | | | **Total do BDI** | | **15.557,99** |
| | | | | **Total** | | **86.276,15** |

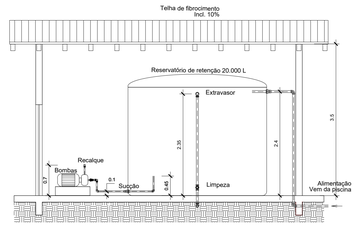
## APÊNDICE D – Projeto de reúso aproveitamento de água

- Projeto Hidráulico

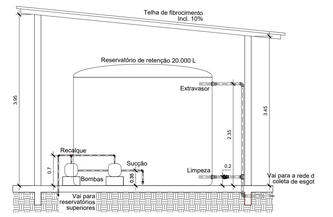
Prancha Única: Plantas baixas, planta de locação, cortes, detalhes isométricos, legenda e lista de materiais.



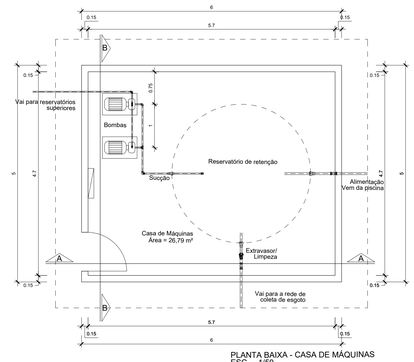

PLANTA DE LOCAÇÃO
ESCALA 1/400



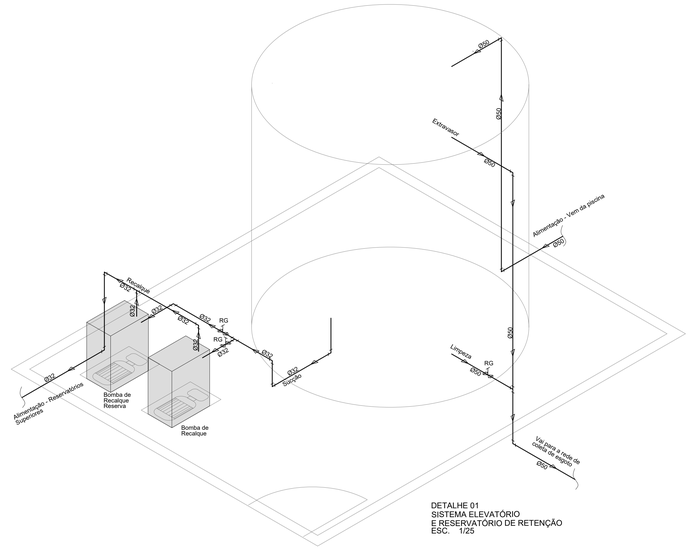

CORTE AA - CASA DE MÁQUINAS
ESC. 1/50




CORTE BB - CASA DE MÁQUINAS
ESC. 1/50




PLANTA BAIXA - CASA DE MÁQUINAS
ESC. 1/50




DETALHE 01
SISTEMA ELEVATÓRIO
E RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO
ESC. 1/25

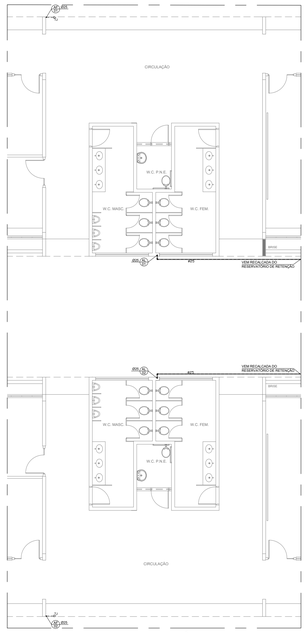
## LISTA DE MATERIAIS

Água fria

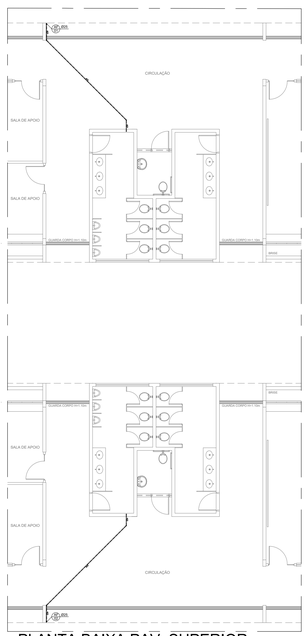
| | |
|---|---|
| **Aparelho** | |
| Torneira de Jardim 3/4" | 2 peças |
| **Registros** | |
| Registro de gaveta bruto | |
| 25mm | 6 peças |
| 32mm | 4 peças |
| 50mm | 1 peças |
| Adapt. soldavel curto c/ bolsa-rosca p/ registro | |
| 25 mm | 12 peças |
| 32mm | 8 peças |
| 50mm | 2 peças |
| **PVC rígido soldável** | |
| Joelho 45° soldável | |
| 25 mm | 6 peças |
| Joelho 90° soldável | |
| 25 mm | 25 peças |
| 32 mm | 8 peças |
| 50 mm | 5 peças |
| Tê 90 soldável | |
| 25 mm | 2 peças |
| 32 mm | 3 peças |
| 50 mm | 1 peças |
| Tê de redução | |
| 50x25 mm | 2 peças |
| Tubulação Simples | |
| 25 mm | 41 metros |
| 32 mm | 15 metros |
| 50 mm | 27 metros |
| **Polietileno de Alta Densidade (PEAD)** | |
| Tubulação Predial | |
| 32 mm | 310 metros |
| **PVC soldável azul c/ bucha latão** | |
| Joelho 90° | |
| 25 mm- 3/4" | 2 peças |
| **Reservatórios** | |
| Reservatório de Polietileno | |
| 1.000 Litros | 2 peças |
| 20.000 Litros | 1 peça |
| **Equipamentos** | |
| Bombas | |
| Bomba de Recalque monofásica 3 CV | 2 peças |

## LEGENDA

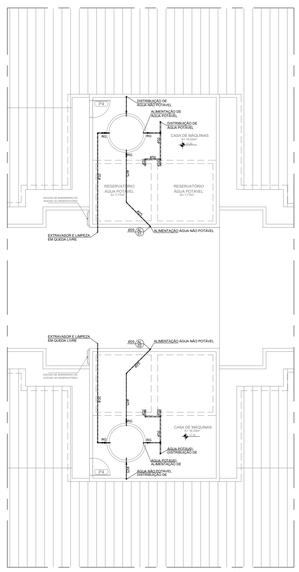
| | |
|---|---|
| AF | Coluna de Agua Fria |
| AL | Alimentação |
| TR | Torneira de Jardim |
| RG | Registro de Gaveta |



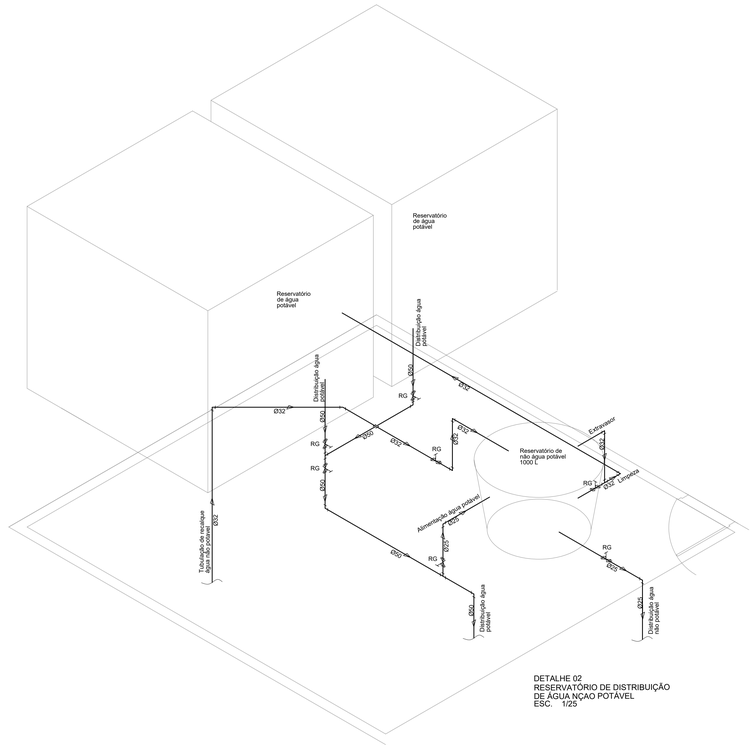

PLANTA BAIXA PAV. TÉRREO
ESCALA 1/100




PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR
ESCALA 1/100




PLANTA BAIXA DO RESERVATÓRIO
ESCALA 1/100




DETALHE 02
RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO
DE AGUA NÇAO POTÁVEL
ESC. 1/25

C.R.E.A.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA TOCANTINS

OBRA
INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA DA PISCINA

ENDEREÇO
AE-SE 34 (310 SUL), AVENIDA LO-5 , PALMAS - TOCANTINS

PRANCHA 01/01

PROJETO
HIDRÁULICO - REÚSO DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

COORDENADOR DE PROJETOS

AUTOR DO PROJETO

ASSINATURA

ÁREAS

CONTEÚDO
PLANTA DE LOCAÇÃO
PLANTA BAIXA BLOCOS 15 E 16 - PAVIMENTO TÉRREO
PLANTA BAIXA BLOCOS 15 E 16 - PAVIMENTO SUPERIOR
PLANTA BAIXA BLOCOS 15 E 16 - RESERVATÓRIOS
DETALHES 01 E 02
CORTES - CASA DE MÁQUINAS
PLANTA BAIXA - CASA DE MÁQUINAS
LISTA DE MATERIAIS
LEGENDA

DATA
SETEMBRO/2021

ESCALA
INDICADA

ESCALA DE PLOTAGEM
1000 = 1000

DESENHO