



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JARDINS FLUTUANTES E A VARIAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM AÇUDES  
URBANOS EUTROFIZADOS**

**KAIO JOSÉ BELÉM MOREIRA**

Campina Grande - PB

2019

**KAIO JOSÉ BELÉM MOREIRA**

**JARDINS FLUTUANTES E A VARIAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM AÇUDES  
URBANOS EUTROFIZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Mônica Amorim Coura  
Co-orientadora: MS. Elis Gean Rocha

Campina Grande - PB

2019

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Kaio José Belém Moreira

### **JARDINS FLUTUANTES E A VARIAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM AÇUDES URBANOS EUTROFIZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, pela seguinte banca examinadora:

Campina Grande, 6 de dezembro de 2019.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica Amorim Coura  
(Orientadora - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG)

---

MS. Elis Gean Rocha  
(Co-orientadora - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG)

## **DEDICATÓRIA**

***Dedico este trabalho à Deus, aos meu pais, minhas irmãs e sobrinhos, a minha família, a minha namorada, aos meus professores, aos meus amigos, ao Campina Grande Rugby Clube, à Universidade Federal de Campina Grande e a todos aqueles que participaram de forma direta ou indireta da minha vida acadêmica nesse período de crescimento pessoal e profissional.***

## **AGRADECIMENTOS**

Os agradecimentos são muitos e nunca serão suficientes para expressar o que realmente sinto. Primeiramente a Deus, por todas as bênçãos na minha vida. Aos meus pais José Carlos (Dedé) e Maria Adalgízia, por sempre priorizarem a educação e o bem estar de seus filhos, muitas vezes fazendo das tripas o coração. As minhas irmãs Karla e Karina, que durante toda a minha jornada sempre me trataram como um filho.

Aos meus cunhados que sempre se dispuseram a me ajudar. A toda minha família que sempre se dispuseram e se preocuparam, onde a distância física nunca foi um obstáculo.

A minha namorada Iolanda que sempre esteve ao meu lado, sendo o meu ponto de apoio, e incentivando a acreditar no meu potencial. Aos meus amigos por proporcionarem os momentos mais engraçados. Ao Campina Grande Rugby Clube, que me apresentou um esporte maravilhoso e pessoas especiais, sendo responsável por preservar minha saúde mental.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Mônica por ter me aceitado fazer parte desse trabalho, pela paciência, disponibilidade, pela atenção com minha saúde, pelas orações e carinho. A minha orientadora MS. Elis, pela paciência, ensinamentos, parceria, disponibilidade, atenção e compreensão. Foi um prazer fazer parte desse projeto.

A toda equipe do Laboratório de Saneamento, Tiquinho, Cris, Savana, Val e Igor, pela paciência, pelos ensinamentos, além de sempre me receberem com um sorriso no rosto e dispostos a ajudar.

## RESUMO

A água é um dos bens mais importantes para a manutenção da vida no planeta e seu volume é constante, porém, com o aumento da população, seu consumo e degradação são acentuados. Com isso, faz-se necessário o uso racional das águas, incentivo à preservação dos corpos hídricos e uso de ferramentas para tratamento. Nos centros urbanos, os açudes sofrem contaminação pelo esgoto doméstico e industrial, impossibilitando a água para consumo, causando mau cheiro, vetores de doenças, entre outros. Esses lançamentos contêm minerais, entre eles, o fósforo, que favorece a reprodução de algas e o aumento desse ser vivo é responsável pela eutrofização dos corpos hídricos. Uma solução econômica e eficiente para a recuperação desses açudes é o uso de sistemas fitorremediadores, como jardins flutuantes. Esse trabalho avalia o desempenho estrutural e remediador dos jardins, com base nas concentrações dos indicadores de clorofila-a e fósforo total. O trabalho foi dividido em três etapas, com aumento gradual da área de cobertura dos jardins. Os jardins inicialmente foram fabricados de bambus, porém foram observadas dificuldades na montagem e flutuação, sendo necessário substituí-los por jardins de paletes com garrafas pet. A eficiência desses jardins foi comprovada com a diminuição das concentrações dos indicadores de fósforo total e clorofila-a. A última etapa apresentou uma média de fósforo de 5,1 mg/L, valor maior que a última coleta de 4,7 mg/L, enquanto que a clorofila-a teve seu indicador iniciando de 432 µg/L e terminando em 414 µg/L. Ambos os indicadores demonstram reduções de concentração que por consequência causam melhoramento do corpo hídrico.

**Palavras-Chave:** Água, fitorremediação, indicadores, clorofila-a, bambu, paletes, eficiência.

## ABSTRACT

Water is one of the most important assets for the maintenance of life on the planet and its volume is constant, but with increasing population, its consumption and degradation are accentuated. Thus, it is necessary the rational use of water, encouraging the preservation of water bodies and the use of tools for treatment. In urban centers, weirs are contaminated by domestic and industrial sewage, making drinking water impossible, causing bad smell, disease vectors, among others. These releases contain minerals, among them, phosphorus, which favors the reproduction of algae and the increase of this living being is responsible for the eutrophication of water bodies. An economical and efficient solution for the recovery of these dams is the use of phytoremediation systems, such as floating gardens. This work evaluates the structural and remedial performance of gardens, based on the concentrations of chlorophyll-a and total phosphorus indicators. The work was divided into three stages, with a gradual increase in the coverage area of the gardens. The gardens were initially made of bamboo, but difficulties in assembling and floating were observed, and they had to be replaced by pallet gardens with pet bottles. The efficiency of these gardens was proven by decreasing the concentrations of total phosphorus and chlorophyll-a indicators. The last stage presented an average phosphorus of 5.1 mg / L, higher than the last collection of 4.7 mg / L, while chlorophyll-a had its indicator starting at 432 µg / L and ending at 414 µg. / L. Both indicators show concentration reductions that consequently cause improvement of the water body..

**Keywords:** Water, phytoremediation, indicators, chlorophyll, bamboo, pallets, efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de fitorremediação .....	19
Figura 2 - Fluxograma das etapas metodológicas .....	24
Figura 3 - Sistema de Drenagem Pluvial e Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande – PB.....	26
Figura 4 - Setores da UFCG .....	27
Figura 5 - Localização das fossas sépticas ao redor do açude .....	27
Figura 6 - Área da construção do açude .....	28
Figura 7 - Elementos de drenagem em açudes que compõe a área do campus da UFCG .....	29
Figura 8 - Mapa batimétrico da profundidade total do açude .....	30
Figura 9 - Etapas de montagem e coleta da água .....	31
Figura 10 - Estrutura de Jardim Flutuante construído com bambu .....	32
Figura 11 – Jardim Flutuante da Primeira etapa.....	33
Figura 12 – Jardim flutuante prestes a entrar na água.....	34
Figura 13 - Disposição dos jardins na área experimental ao final da terceira etapa .....	35
Figura 14 - Área experimental com os pontos de coleta.....	36
Figura 15 – Problemas nos Jardins Flutuantes da Primeira Etapa .....	38
Figura 16 - Desenvolvimento da planta Iris Pseudacorus (íris-amarela) no jardim de palete.....	39
Figura 17 - Desenvolvimento da cana da índia na estrutura de palete .....	40
Figura 18 - Jardins de paletes da terceira etapa .....	41
Figura 19 - Precipitação (mm) Fase 1 .....	42
Figura 20 - Precipitação (mm) Fase 2 .....	42
Figura 21 - Precipitação (mm) Fase 3 .....	42
Figura 22 - Resumo da concentração média dos indicadores e da pluviometria .....	43
Figura 23 - Realção dos indicadores da fase 1 .....	46
Figura 24 - Relação dos indicadores da fase 2.....	47
Figura 25 - Relação dos indicadores fase 3 .....	47
Figura 26 - Mapas de Clorofila-a da 1ª etapa.....	48



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das águas em classes, segundo a resolução 357/05 CONAMA.....	22
Tabela 2 - Faixas aproximadas de valores de fósforo total para os principais graus de trofia.....	24

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas  
cm - Centímetros  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
GPS – Global Positioning System  
hab/km<sup>2</sup> - Habitantes por Quilômetro Quadrado  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDW – Inverse Distance Weighting  
km – Quilômetro  
km<sup>2</sup> - Quilômetro Quadrado  
m - Metros  
m<sup>2</sup> - Metros Quadrados  
m<sup>3</sup> - Metros Cúbicos  
mg/L – Miligramas por litro  
mm - Milímetro  
°C – Graus Celsius  
OD – Oxigênio Dissolvido  
P - Fósforo  
Pet - Poli Tereftalato de Etila  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico  
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos  
PO<sub>4</sub> - Fosfato  
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande  
µg/L – microgramas por litro  
UTM – Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1 AÇUDES URBANOS.....	15
3.2 POLUIÇÃO EM AÇUDES URBANOS.....	15
3.3 LIMNOLOGIA.....	16
3.4 FITORREMEDIAÇÃO.....	17
3.5 JARDINS FLUTUANTES.....	20
3.6 INDICADORES DE CLOROFILA-A E FÓSFORO TOTAL .....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2 MONTAGEM DO SISTEMA DE JARDINS FLUTUANTES.....	31
4.3 COLETA DE DADOS (PONTOS AMOSTRAIS E REPETIÇÃO) .....	35
4.4 ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS (ESTATÍSTICA) .....	37
4.4.1 Análise estatística.....	37
4.4.2 Análise geoestatística.....	37
<b>5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	37
5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS JARDINS FLUTUANTES .....	37
5.1.1 Primeira etapa .....	37
5.1.2 Segunda etapa .....	38
5.1.3 Terceira etapa .....	40
5.2 PLUVIOMETRIA.....	41

5.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	43
5.3.1	Fósforo total.....	44
5.3.2	Clorofila-a .....	45
5.4	ANÁLISE GEOESTATÍSTICA .....	47
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a manutenção da vida. Podendo ser usado de várias formas: abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, geração de energia elétrica, lazer, diluição de esgotos, etc. Mesmo sendo indispensável para os seres vivos, esse recurso vem sendo poluído e contaminado por diversas fontes.

Brzezinski (2009), afirma que a quantidade de água existente na Terra não sofreu alterações desde a pré-história, no entanto, sua qualidade tem mudado bastante. A poluição das águas se dá principalmente por dois fatores. Um deles, o crescimento populacional, associado a urbanização desordenada nas grandes cidades, onde se encontram aglomerações de pessoas produzindo grande volume de águas servidas, e o outro, o desenvolvimento industrial, que despeja produtos químicos, resultantes de suas atividades, nos cursos d'água.

Segundo Tucci (2008), a maioria das cidades brasileiras não possui tratamento de esgoto e lança os efluentes na rede de esgotamento pluvial que acabam sendo despejados nos corpos hídricos.

Em 1912 o governo brasileiro decidiu que o sistema separador absoluto seria adotado em todo o país MORIHAMA et al., (2012). Contudo, as cidades cresceram mais rápido do que os investimentos necessários em infraestrutura adequada de saneamento. Cerca de 34% dos lares brasileiros não têm seu esgoto coletado (IBGE, 2018). Assim, o esgoto nem sempre é destinado aos locais adequados de tratamento e terminam nos corpos hídricos. Dessa forma, as águas urbanas tornam-se poluídas.

Os corpos hídricos lânticos ao receberem as águas de drenagem poluídas se tornam ambientes eutrofizados. Neste contexto, ocorre a supersaturação de oxigênio durante o dia e escassez ou mesmo ausência durante a noite. Todo esse processo pode ocasionar a morte e decomposição de organismos aquáticos.

Para evitar e combater os efeitos da eutrofização é necessário que se recupere e trate os efluentes contaminados. Uma solução é a utilização de plantas fitorremediadoras. Essa solução é conhecida por diversos nomes, sendo jardins flutuantes um dos mais populares.

Essa técnica de tratamento já se mostrou eficiente no canal Paco da cidade de Manila nas Filipinas. Outro lugar beneficiado com esse sistema foi o canal de Gowanus na cidade de Nova Iorque, onde os jardins flutuantes ajudam a reter a poluição. Apesar da estrutura ser diferente, os princípios que regem os dois trabalhos são os mesmos.

O presente trabalho tem como objetivo, verificar o efeito causado pelos jardins flutuantes na concentração de fósforo na água do açude urbano eutrofizado da UFCG, campus de Campina Grande.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Em virtude do grande aumento da poluição em açudes urbanos, torna-se necessário a revitalização dos corpos hídricos para uso da sociedade, além de prevenir doenças e vetores causados por águas poluídas. Uma dessas formas de melhoramento do efluente, é o uso de jardins flutuantes. Os jardins combateriam a proliferação das algas o que acarretaria numa diminuição da concentração de clorofila-a. A diminuição desse indicador desencadeia um grande número de reações, como uma maior disponibilidade de oxigênio que influencia no desenvolvimento e manutenção de muitos organismos no ecossistema dos açudes urbanos. Portanto, é primordial a verificação da concentração desse parâmetro, para comprovar se os jardins estão realmente combatendo os efeitos de eutrofização nos açudes urbanos.

## 2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito dos jardins flutuantes na concentração de fósforo total de um açude urbano.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

;

- ✓ Determinar o estado trófico da água.
- ✓ Determinar a classe da água com base na resolução CONAMA 357/2005
- ✓ Verificar o comportamento das concentrações de fósforo na água;

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 AÇUDES URBANOS**

Açudes são construções artificiais com o objetivo de barrar grandes quantidades de água para os mais diversos usos. Seja de abastecimento humano, uso agrícola, industrial, produção de energia elétrica, entre outros.

De acordo com Assunção e Livingstone (1993) a construção de cada açude obedecia a um modelo comum e se encaixava nos aspectos de engenharia de barragem, ignorando aspectos econômicos. O uso das águas dos açudes contempla: irrigação de culturas, pecuária, abastecimento de água da população, criação de peixes e turismo, perenização de rios e reserva de água de última instância.

As águas urbanas englobam o sistema de abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas, a gestão dos sólidos totais, tendo como metas a saúde e conservação ambiental. O desenvolvimento sustentável urbano tem o objetivo de melhorar a qualidade da vida da população e a conservação ambiental. Assunção e Livingstone (1993) ainda afirmam que a política de construção de açudes tem-se baseado na falta de água causada pela seca e a situação deve ser resolvida com a acumulação de água em grandes quantidades, o que tem sido chamado de "solução hidráulica".

A princípio, os açudes tinham como objetivo o abastecimento da população que vivia às margens, após o processo de urbanização e aumento de demanda da água os corpos hídricos perderam estas funções e grande parte foi poluída com despejos de esgotos e resíduos sólidos.

#### **3.2 POLUIÇÃO EM AÇUDES URBANOS**

Para Sánchez (2008), poluir significa profanar, manchar, sujar. Poluir é profanar a natureza sujando-a, e é a partir dessa poluição que a sociedade destrói bens preciosos que são essenciais a vida humana.

Conforme Barbosa et al. (2002), ao longo da história da humanidade, nenhum outro sistema tem sofrido tantas e tão grandes alterações como os sistemas aquáticos.

Conforme Sperling (1996), a poluição dos cursos d'água corresponde à adição de substâncias ou formas de energia que alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudica os legítimos usos que dele são feitos.

O crescimento populacional e as atividades humanas têm despontado como os maiores responsáveis pela poluição do meio aquático e conseqüente propagação da eutrofização. Rios e lagos se tornaram, ao longo dos anos, depositários de rejeitos e resíduos de diversos tipos tais como: esgotos domésticos, águas residuárias provenientes de atividades agropecuárias, efluentes de indústrias com uma série de compostos sintéticos e elementos químicos potencialmente tóxicos ricos em sais minerais (NETO; FERREIRA, 2007).

Parte da poluição gerada em áreas urbanas tem origem no escoamento superficial sobre áreas impermeáveis, depósitos de lixo ou resíduos industriais e outros (ARAÚJO, 2003; BECKER et al., 2009).

### 3.3 LIMNOLOGIA

Limnologia é o ramo da biologia que estuda as águas interiores, independente de suas origens, mas analisando as dimensões e as concentrações de nutrientes, em relação aos fluxos de matéria, energia e sua comunidade biótica.

Esta ciência tem como objetivo estudar a correlação e a dependência entre organismos habitantes das águas e seu ambiente, para isso, abrange todos os fatores, que, de um modo ou de outro, exercem influência sobre a qualidade, a quantidade, a periodicidade e sucessão dos organismos.

Os estudos em limnologia vão desde a pesquisa básica, buscando caracterizar os ecossistemas e compreender seus processos ecológicos, até a pesquisa aplicada, que busca encontrar soluções para problemas ambientais, como a eutrofização e outros tipos de poluição nos ambientes aquáticos.

Segundo Esteves (2011), o Brasil considera a bacia hidrográfica como a unidade de estudo pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). No entanto, é raro os limnólogos utilizarem a bacia hidrográfica como unidade de estudo em



seus projetos de pesquisa, seus trabalhos são desenvolvidos em ambientes controlados, como a criação de peixes.

Esteves (2011) afirma, ainda, que o uso de indicadores limnológicos é uma ferramenta muito importante no estudo dos problemas ambientais de ecossistemas aquáticos, principalmente no controle da eutrofização. Alguns desses indicadores são: pH, oxigênio dissolvido, fósforo total, condutividade elétrica, entre outros.

A limnologia também é utilizada na piscicultura. Para se criar um ambiente propício ao crescimento e reprodução dos peixes, é necessário conhecer a dinâmica da água, seus fatores físicos, químicos e biológicos, que, verificarão a qualidade necessária para tal atividade (BALDASSIN, 2017).

### 3.4 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação é o uso de plantas no tratamento de efluentes, melhorando as condições físico-químicas dos corpos hídricos (ANDRADE, TAVARES E MAHLER, 2007). De modo geral, este termo, inclui os processos envolvidos no melhoramento de solos e sistemas de aquíferos contaminados, através da seleção e utilização de espécies de plantas (PIRES et al., 2003a, 2003b; SULMON et al., 2007).

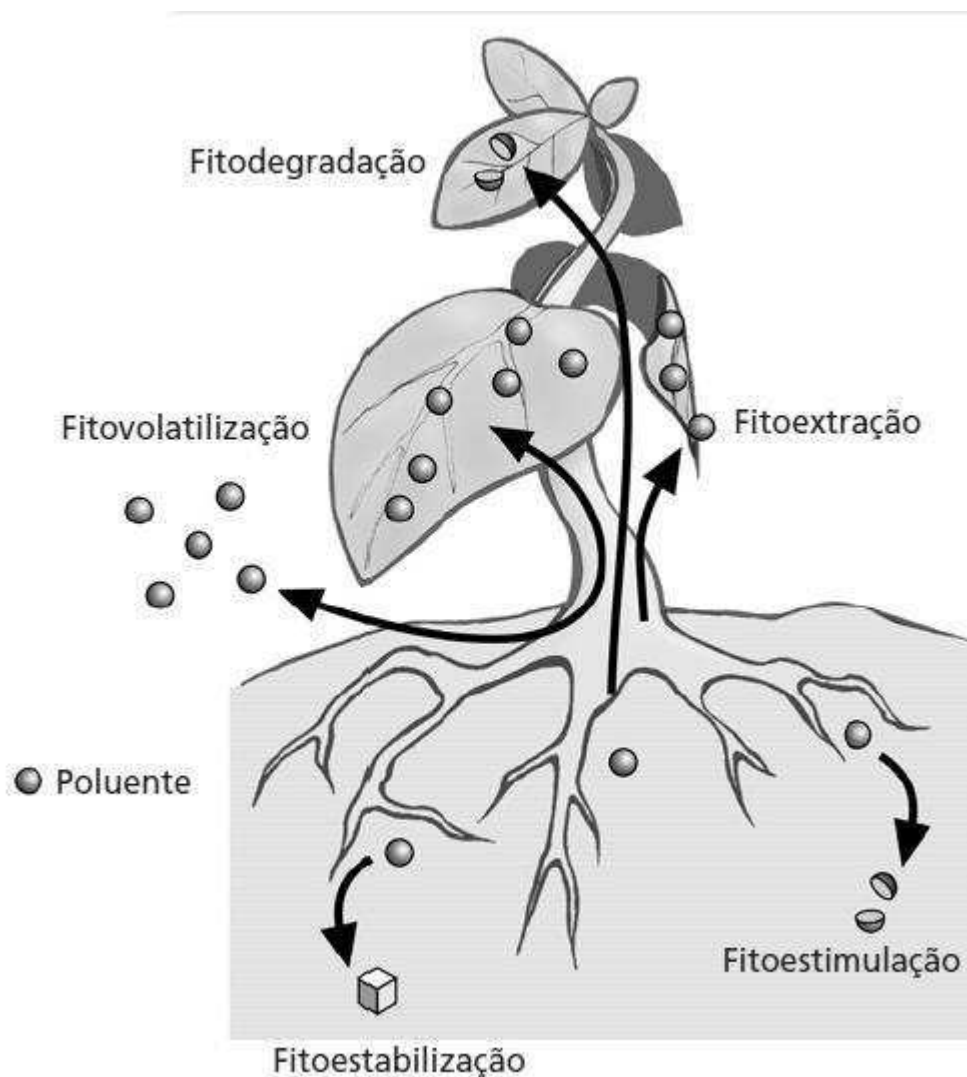
É uma tecnologia que vem sendo usada cada vez mais, pois além de suas vantagens, a biomassa vegetal representa 99% da massa viva do planeta, logo, as plantas estão diretamente envolvidas em processos ligados a destinação dos resíduos químicos despejados no ambiente (MORENO; CORSEUIL, 2001).

Segundo Barreto (2011), a fitorremediação é usada na última etapa de tratamento de um meio contaminado. No entanto, quando a concentração de poluentes é menor, ela pode ser usada como única ferramenta, tornando a remediação economicamente viável e eficaz.

A fitorremediação é dividida por Luqman et al. (2013) em subgrupos, como ilustra a Figura 1, são eles: fitoextração, fitodegradação, rizofiltração, fitoestabilização e fitovolatização.

- Fitoextração: Ocorre a absorção e translocação dos contaminantes do solo e das águas subterrâneas nos tecidos da parte superior da planta (folhas, caule) e nas raízes, seguido de coleta e destruição da fitomassa;
- Fitodegradação: Ocasionalmente ocasiona a decomposição dos contaminantes que são absorvidos pela planta através de processos metabólicos em seus tecidos vegetais ou externamente a partir de enzimas produzidas pela própria planta;
- Rizofiltração: Faz referência à remoção de contaminantes de águas, sejam elas superficiais, subterrâneas ou de rejeitos, através da absorção, precipitação sobre a superfície radical ou absorção nas raízes. Diferencia-se da fitoextração porque ao invés da translocação dos contaminantes ocorrer na parte epigea da planta, a rizofiltração localiza-se a nível radical;
- Fitoestabilização: Os poluentes são absorvidos e acumulados na raiz ou precipitam-se na rizosfera. As plantas reduzem a mobilidade e biodisponibilidade dos contaminantes no ambiente e previnem a migração para a água ou o ar;
- Fitovolatilização: Nesta forma particular da fitorremediação, ocorre a liberação na atmosfera dos poluentes (volatilização através das folhas), após os processos de absorção e translocação na planta;
- Fitodescontaminação: Ocorre a redução dos contaminantes da água e solo a níveis aceitáveis pela degradação da microflora;
- Fitoestimulação: A biodegradação é intensificada na região da rizosfera, ou seja, verifica-se a degradação no solo de poluentes através dos efeitos combinados entre micro-organismos que vivem numa ligação íntima com as raízes.

Figura 1 - Tipos de fitorremediação



Fonte: Sami Sousa (2012).

Luqman et al. (2013), ainda explica, que além das plantas serem usadas para remediação do solo e das águas poluídas, essa ferramenta, também tem como vantagens: tecnologia sustentável, de acordo com a espécie filtra uma variedade de poluentes, contribui para o paisagismo e é mais barato que os métodos físico-químicos convencionais de tratamento.

Segundo Luqman et al. (2013), apesar da fitorremediação possuir várias vantagens, existem alguns fatores que a limitam, são eles: processo lento determinado pelo crescimento da planta; caso os poluentes filtrados sejam tóxicos pode acabar contaminando a cadeia alimentar; a seleção de plantas para escolha do

tratamento deve ser feita com cuidado; disponibilidade das plantas fitorremediadoras na região a ser tratada e geralmente são usadas em corpos hídricos com baixo nível de poluentes.

A fitorremediação é desaconselhada em locais que precisam de uma resposta rápida na melhora da qualidade de água (EPA, 2000). No entanto, uma forma de potencializar a filtragem é o melhoramento genético das plantas usadas na fitorremediação (GARDEA-TORRESDEY et al., 2005).

Na fitorremediação o tratamento de efluentes simula os ocorridos na natureza, indo de encontro com os sistemas mecanizados, ocorrendo uma diminuição nos gastos energéticos e na necessidade de materiais químicos (ZANELLA, 2008). Jardins flutuantes, solo-planta e wetlands, são alguns exemplos de sistemas fitorremediadores.

### 3.5 JARDINS FLUTUANTES

Os jardins flutuantes ocorrem naturalmente nos corpos d'água e consistem em uma grossa esteira orgânica flutuante que suporta o crescimento das plantas. A parte superior é formada por um tapete flutuante de plantas e turfa decomposta. A parte abaixo do tapete é dotada de raízes entrelaçadas cobertas por biofilme, onde se desenvolvem comunidades de invertebrados e zooplâncton (NAICHIA et al., 2015).

A aplicação de jardins flutuantes em águas poluídas faz uso de materiais que podem ser facilmente encontrados, tanto para a estrutura suporte, como para o substrato e as plantas a serem utilizadas. Não delimitam o uso das águas onde são instalados e podem ser aplicados em açudes urbanos, com plantas ornamentais. Existem sistemas alternativos que tratam o esgoto eficientemente e com custo mais baixo, como os jardins flutuantes (QUEGE et al., 2013).

Diferente de sistemas complexos, a aplicação de jardins flutuantes apresenta mecanismos bem mais próximos ao que ocorre na natureza. Headley & Tanner (2008) destacam que o objetivo dos jardins flutuantes é maximizar o contato entre o biofilme criado nas raízes das plantas e a água poluída que passa pelo sistema, fazendo com que as bactérias ali presentes possam atuar na degradação dos poluentes.

Jardins flutuantes são cada vez mais utilizados ao redor do mundo, especialmente em países de desenvolvimento. Esta crescente popularidade deve-se principalmente, ao fato de que esses sistemas oferecem as vantagens de garantir uma solução de tratamento relativamente passiva, natural, de baixa manutenção e operacionalmente simples, ao mesmo tempo em que aumenta o habitat e os valores estéticos do ambiente (HEADLEY, 2006).

### 3.6 INDICADORES DE CLOROFILA-A E FÓSFORO TOTAL

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Existem diferentes tipos, que são chamados de *a*, *b*, *c* e *d*, e diferem-se pela estrutura de sua molécula e sua capacidade de absorção.

O tipo "a" é considerado o mais primitivo e está presente em todas as algas, desde cianobactérias até formas multicelulares filamentosas, tendo papel fundamental no processo de fotossíntese. Assim, sua mensuração possibilita de forma indireta, estimar a concentração desses organismos na água.

A concentração de clorofila-a é proporcional à concentração de células algais, portanto, é possível usar a concentração de clorofila-a como um dos indicadores de estado trófico de águas superficiais e estas por sua vez, têm crescimento favorecido em ambientes mais ricos em fósforo (KELLY; WHITTON, 1994).

Lamparelli (2004) classifica a avaliação de fósforo em ambientes aquáticos como indispensável, pois está relacionada à produtividade primária sendo o fator limitante deste processo.

O P é de suma importância para os sistemas biológicos. Segundo Esteves (2011), essa importância é justificada pela participação desse elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, como o armazenamento de energia (o P forma uma fração essencial da molécula de ATP) e na estrutura da membrana celular (através dos fosfolípidios).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, seja na forma iônica ou na complexada, encontra-se sob a forma de fosfato (ESTEVES, 2011). A determinação de fósforo é baseada no p-total, ele corresponde ao somatório de fósforo em todas as formas presentes na água, seja dissolvida ou particulada.

Altas concentrações de fosfatos são normalmente indicativos da presença de poluição, e são responsáveis por condições eutróficas. Em águas não poluídas, a concentração de fosfato costuma variar entre 0,005 e 0,020 P<sub>04</sub>mg/L (Gastaldini; Mendonça, 2001).

Toledo & Nicolella (2002) realizaram um trabalho na microbacia do município de Guaíra-SP, onde avaliaram a qualidade da água, constatando valores médios de fósforo total de 0,044 mg/L. Este estudo destacou a influência do P na degradação da qualidade da água, sendo a contaminação urbana o principal causador.

A disponibilidade de fósforo é considerada o fator mais limitante ao desenvolvimento de algas em águas continentais, usualmente é utilizado como principal parâmetro para estabelecer o grau de eutrofização de ambientes lacustres. Ele é essencial ao crescimento vegetal e ao desenvolvimento de bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (Carneiro et al., 2003).

A Resolução CONAMA 357/05 divide os níveis de fósforo de águas em classes, conforme Tabela 1. Esse limite refere-se ao P total.

Tabela 1 – Classificação das águas em classes, segundo a resolução 357/05 CONAMA

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Unidade
Clorofila-a	10	30	60	>60	µg/L
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,02	0,03	0,05	>0,050	mg/L
Fósforo total (ambiente intermediário)	0,025	0,05	0,075	>0,075	mg/L
Fósforo total (ambiente lótico)	0,1	0,1	0,15	>0,15	mg/L

Fonte: Adaptado resolução CONAMA nº 357/05

Com base nesta classificação, a Resolução CONAMA n. 357/05 estabelece os usos destinados a cada classe:

- I. Classe especial: águas destinadas:
  - a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
  - b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
  - c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- II. Classe 1: águas que podem ser destinadas:
  - a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
  - b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
  - d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
  - e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- III. Classe 2: águas que podem ser destinadas:
- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
  - b) à proteção das comunidades aquáticas;
  - c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
  - d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
  - e) à aquicultura e à atividade de pesca.
- IV. Classe 3: águas que podem ser destinadas:
- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
  - b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
  - c) à pesca amadora;
  - d) à recreação de contato secundário; e
  - e) à dessedentação de animais.
- V. Classe 4: águas que podem ser destinadas:
- a) à navegação; e
  - b) à harmonia paisagística

Esta classificação é importante, pois protege as águas urbanas, conforme restringe o lançamento ilegal de esgotos em corpos hídricos. O descumprimento dos critérios estabelecidos pela resolução para uma determinada classe de corpo receptor pode gerar multas ao infrator.

Sperling (1996), ainda utiliza o fósforo total para classificar a água quanto ao seu nível trófico, baseado na Tabela 2.

Tabela 2 - Faixas aproximadas de valores de fósforo total para os principais graus de trofia.

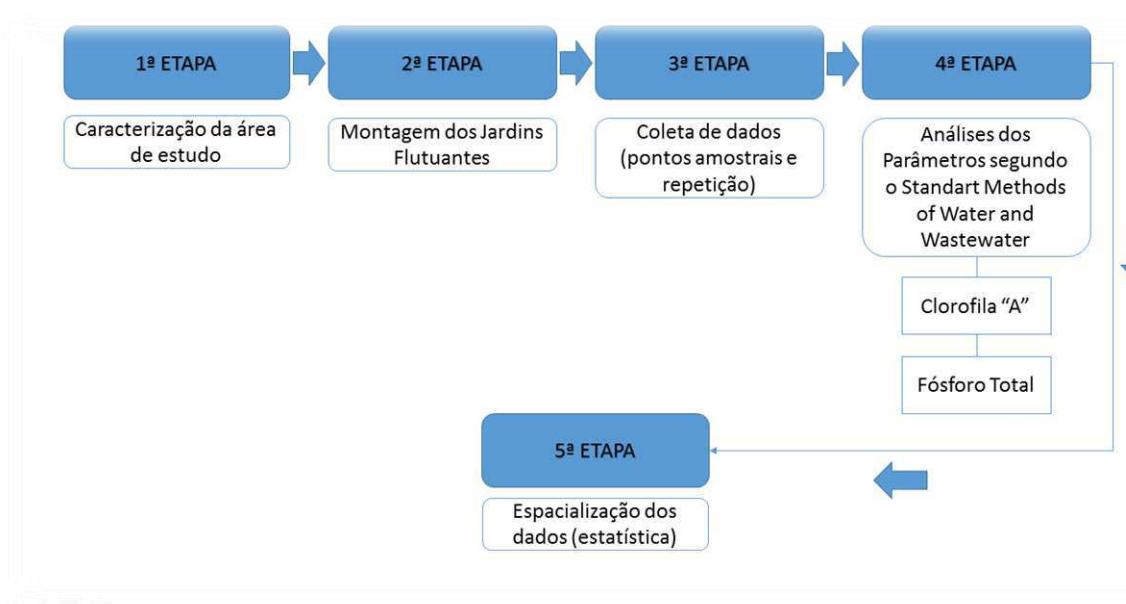
<b>Classe de trofia</b>	<b>Concentração de fósforo total na represa (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Ultraoligotrófico	< 5
Oligotrófico	< 10 - 20
Mesotrófico	10- 50
Eutrófico	25 - 100
Hipereutrófico	> 100

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi dividido em 5 etapas metodológicas conforme apresentado no fluxograma da Figura 2 e discutidas nos tópicos seguintes.

Figura 2 - Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Autoria própria (2019).

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, localizado na Rua Aprígio Veloso, nº 882 – bairro Universitário, na cidade



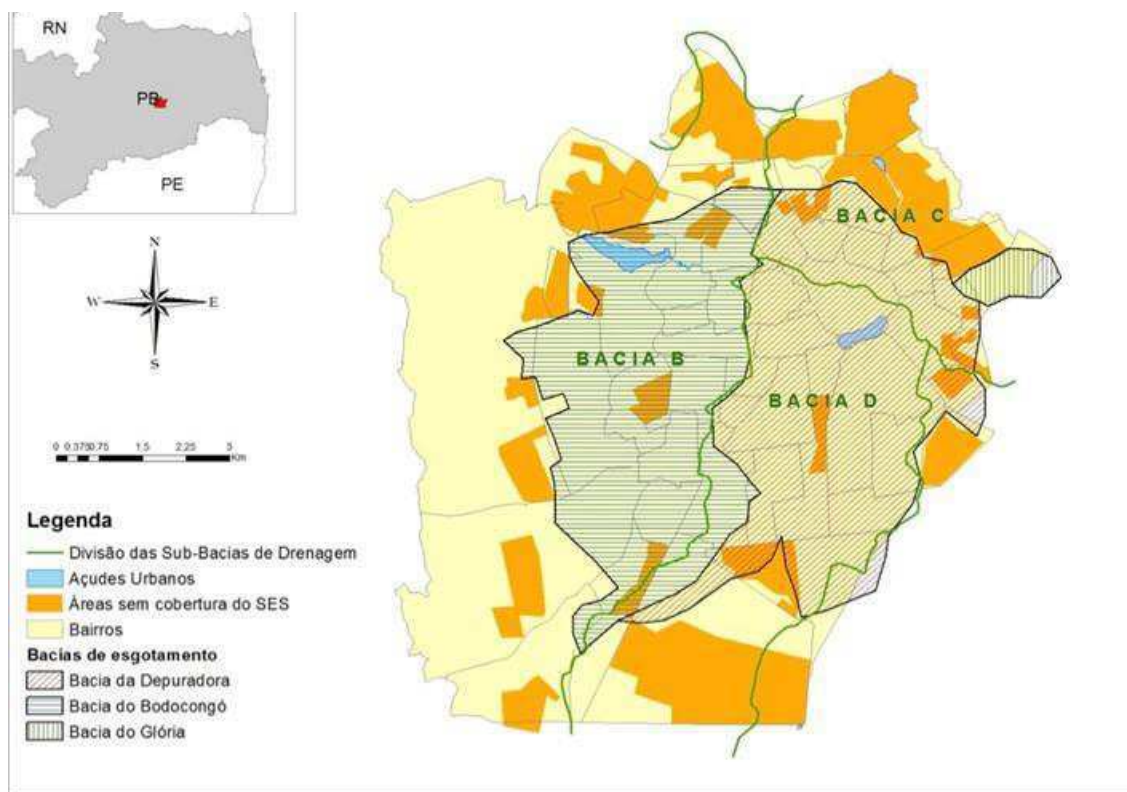
de Campina Grande (35°54'71" O e 7°12'58" S). Segundo o último censo do IBGE, realizado em 2010, o município concentrava uma população de 385.213 pessoas com densidade demográfica de 648,31 hab/km<sup>2</sup> e 84,1% de esgotamento sanitário adequado. Ainda segundo o IBGE, em 2018 a cidade possuía 593,026 km<sup>2</sup> de área territorial.

Campina Grande - PB está a uma distância de aproximadamente 132 km de João Pessoa, capital do estado, a uma altitude média de 555m acima do nível do mar. O município possui clima tropical semiárido com temperaturas que variam entre 16 e 32°C, e umidade relativa do ar de 80%. O período com maior pluviometria é entre os meses de março e julho, enquanto a época de menor índice de chuvas é entre os meses de outubro a dezembro, com precipitação média anual de 804,9 mm (MACEDO et al., 2011).

Campina Grande dispõe de três bacias de drenagem pluvial, nomeadas B, C e D e o sistema de esgotamento sanitário é composto, também, por três bacias: Glória, Depuradora e Bodocongó (PMSB, 2015).

Comparando as demarcações das áreas das bacias de drenagem pluvial e de esgotamento, percebe-se que os seus limites são quase os mesmos como mostra a Figura 3. Galisa (2016), afirma que problemas numa bacia de esgotamento refletem na bacia de drenagem da mesma área. Afirmação corroborada por Gomes (2013) que obteve que somente 3% do esgoto produzido pela bacia de esgotamento do Bodocongó chegam à ETE de Catingueira – Caiçara, sugerindo que ocorram desvios na tubulação. Como resultado, canais de drenagem que estão adjuntos a esses desvios acabam sendo afetados.

Figura 3 - Sistema de Drenagem Pluvial e Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande – PB



Fonte: Adaptado de PMSB (2015)

Nas áreas que não possuem rede coletora, o esgoto é lançado em sistemas individuais ou segue a céu aberto, em valas, riachos e córregos (LOPES et al., 2016), assim, os esgotos chegam aos canais de drenagem onde se misturam com as águas pluviais descaracterizando o sistema de drenagem separador absoluto da cidade.

A UFCG está localizada na bacia de drenagem pluvial B e na bacia de esgotamento de Bodocongô, onde os efluentes seguem para a estação de tratamento da Catingueira (JUNIOR & SOUSA, 2014). A universidade possui cerca 310.000,00 m<sup>2</sup> de área territorial com 78.536,79 m<sup>2</sup> de área construída dividida em três setores: A, B e C. Possui relevo acidentado com cotas que variam de 544m a 510m, Figura 4.

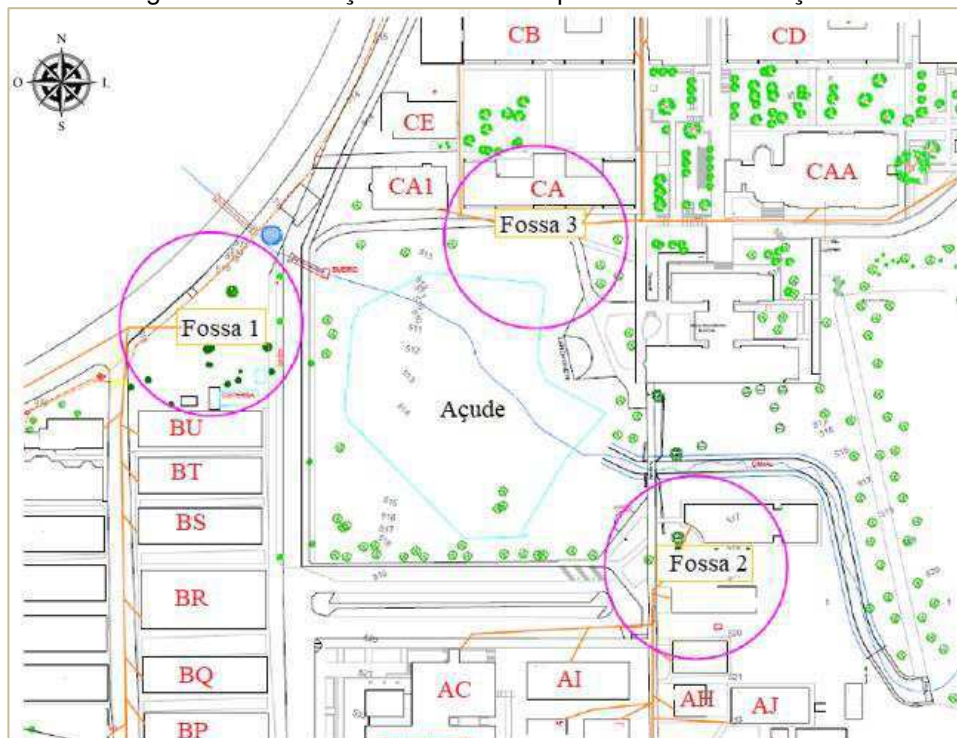
O esgotamento sanitário dos setores A, B e C foi projetado e implantado na década de 1970. A rede é dividida em partes independentes e os esgotos são lançados em fossas sépticas, cujas principais estão localizadas ao redor do açude, vide **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, e seus efluentes acabam sendo infiltrados no solo (FERREIRA, 2017).

Figura 4 - Setores da UFCG



Fonte: Adaptado do portal da UFCG (2019)

Figura 5 - Localização das fossas sépticas ao redor do açude



Fonte: Ferreira (2017)

O açude foi criado com o objetivo de fornecer a água para irrigação do campo gramado da universidade, assim como também para as demais áreas verdes. Essa construção contribui para a drenagem pluvial da UFCG. A Figura 6 mostra a região antes da construção do açude. Realizando assim um barramento no riacho que atravessa a universidade com destino ao açude de Bodocongó, Figura 7 (ARAÚJO C, 2017).

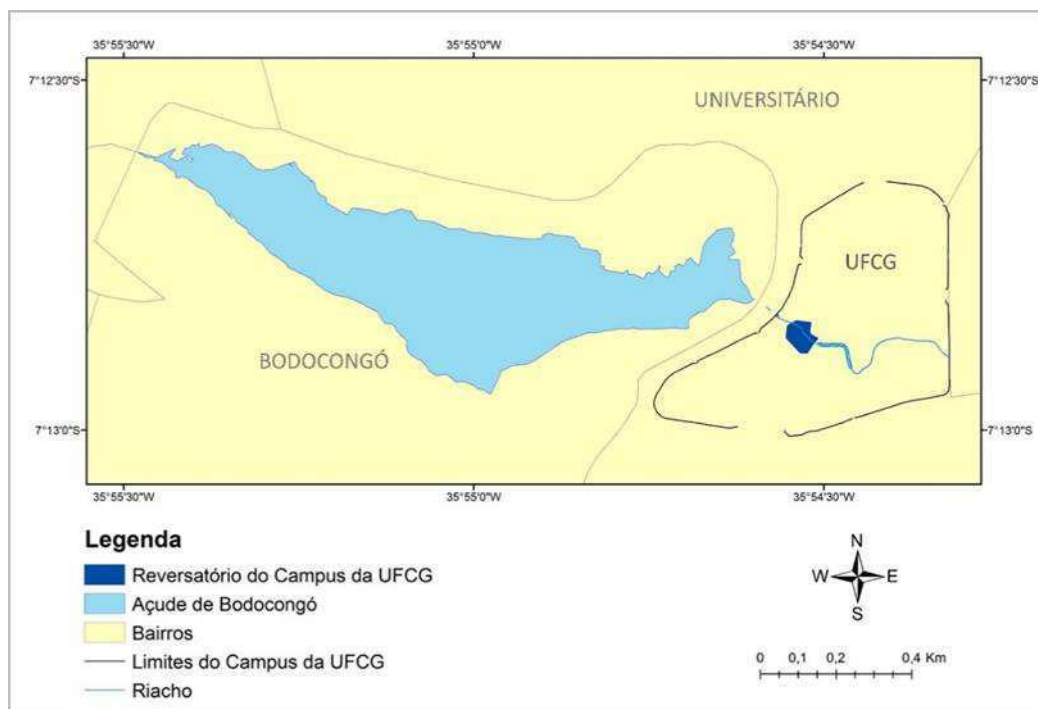
O açude é cercado por bambus e outras espécies de árvores. No seu interior existe um banco de terra com plantas da espécie *Canna x generalis*. (cana-da-índia na cor vermelha), utilizadas nos jardins flutuantes. Apresenta um quiosque às suas margens, além de alguns bancos de concreto e um coreto, construídos como parte de uma série de melhorias na urbanização de seu entorno promovidos pela Prefeitura Universitária.

Figura 6 - Área da construção do açude



Fonte: Adaptado de Seplan (2010)

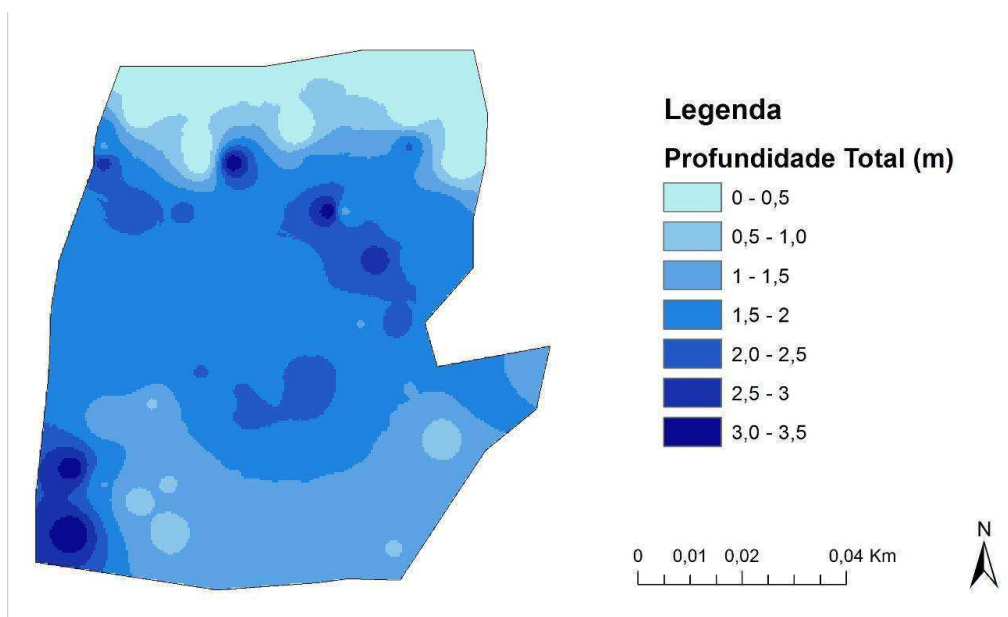
Figura 7 - Elementos de drenagem em açudes que compõe a área do campus da UFCG



Fonte: ROCHA, 2018

Rocha (2018) afirma que em agosto de 2016, foi realizado um levantamento batimétrico no Açude, onde foi possível constatar uma área de espelho d'água de aproximadamente 7.820 m<sup>2</sup>, com profundidades entre 0 e 3,52 m e capacidade de armazenar um volume médio de 4.223 m<sup>3</sup>. O levantamento também permitiu a verificação da profundidade total (coluna d'água mais sedimentos depositados), destacando, três áreas bem definidas, uma superior com pequenas profundidades de até 50 cm, uma intermediária variando de 1,5 a 2,0 m, e uma inferior com no máximo 1,5 m de profundidade. Além dessas três áreas, foram identificados alguns pontos com maiores profundidades, com 2,5 a 3,5 m. Abaixo, a Figura 8 traz o mapa do levantamento batimétrico da profundidade do açude.

Figura 8 - Mapa batimétrico da profundidade total do açude



Fonte: ROCHA, 2018

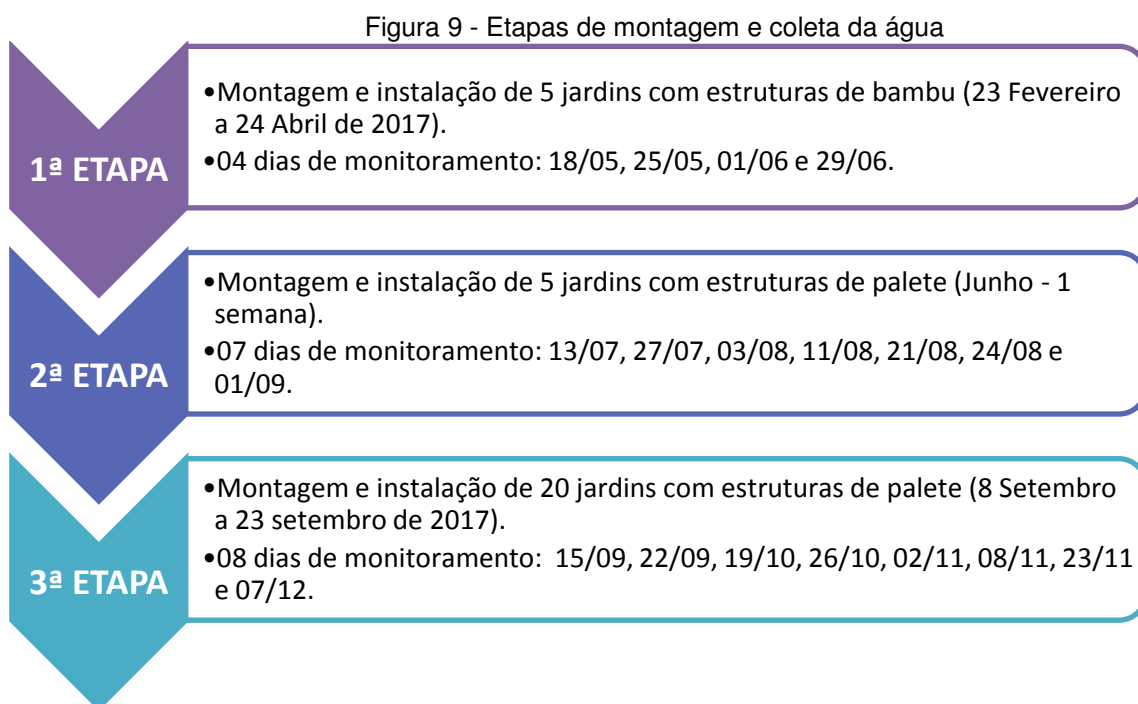
A água do açude possui uma comunidade de seres vivos constituída de peixes, aves, jacaré, entre outros. Além de servir de casa para as espécies, ela é usada para irrigar as áreas verdes da universidade, como o campo de futebol e os jardins. Também contribui para o paisagismo, tornando-se um dos cartões postais da instituição.

Galisa (2016), afirma que o laguinho recebe contribuição de um riacho a montante da universidade e mesmo em períodos de estiagem mantém sua vazão garantida por conta de contribuições ilegais de esgoto. Ferreira (2017), também aponta problemas de poluição no sistema de esgotamento da UFCG, onde se destacam entupimentos e vazamentos na rede, relacionados a falta de manutenção, contaminando as águas superficiais e subterrâneas. Com base na Figura 4, anterior, percebe-se que as três principais fossas sépticas da universidade encontram-se no entorno do açude, podendo assim ocorrer transferência de carga orgânica através do solo. Dentro deste contexto o trabalho foi desenvolvido.

Uma análise da qualidade da água do açude realizada por Araújo C (2017) utilizando os parâmetros de turbidez, pH, temperatura, condutividade elétrica, DBO, DQO, OD, coliformes totais, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo total classificou a água como Classe 3.

## 4.2 MONTAGEM DO SISTEMA DE JARDINS FLUTUANTES

Este projeto foi realizado em paralelo com um trabalho maior, desenvolvido por Rocha (2018) que iniciou em 23 de fevereiro. Enquanto este trabalho começou no dia 1 de junho de 2017. Para o estudo, foi delimitado uma área de 400 m<sup>2</sup> do açude da UFCG após a saída do canal de drenagem que corta a universidade, afim de avaliar o sistema de fitorremediação. O sistema foi desenvolvido para ocupar cerca de 10% da área experimental, o que corresponde a 40 m<sup>2</sup> de jardins flutuantes. Para alcançar esta área de cobertura o processo foi dividido em três etapas envolvendo montagem de jardins e coleta da água para avaliação da qualidade da água, como mostra a Figura 9.

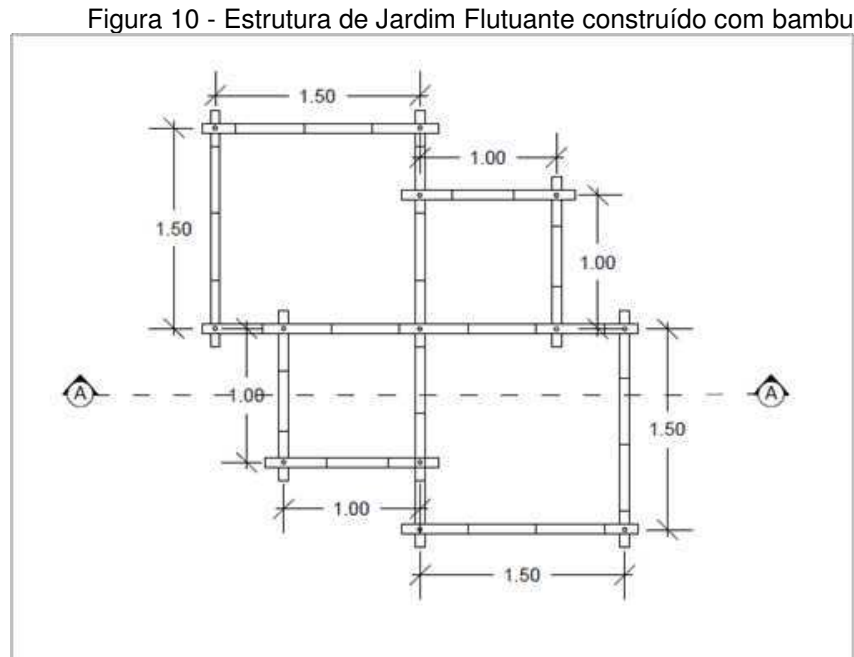


Fonte: Autoria própria (2019)

A primeira etapa foi executada por Rocha (2018). Os jardins desta fase foram construídos com bambu, tendo em vista a abundância desse material na universidade, além de suas características de capacidade de flutuação, durabilidade e alta resistência. Eles foram fornecidos pela Prefeitura Universitária e são da espécie *Bambusa vulgaris*.

Cada jardim da primeira etapa foi desenvolvido em 4 módulos, 2 de 1,5m x 1,5m e dois com 1,0m x 1,0m, como mostra a Figura 10. Após a montagem da

estrutura com os bambus, foi costurada uma rede de mosquiteiro verde (F9) ao redor, para que a mesma segurasse o substrato de fibra de coco. Para ajudar na flutuação, foi aplicado selador de madeira e tinta verniz. A Figura 11 traz um jardim após as etapas citadas.



Fonte: Rocha (2018)

Para concluir a montagem dos jardins da primeira etapa, foram adicionadas as plantas, as espécies utilizadas foram: *Cyperus papyrus* (papiro), *Cyperus isocladus* (mini papiro), *Canna x generalis* (biri/cana da Índia), *Iris pseudacorus* (íris-amarela), *Tradescantia pallida* (coração-roxo), *Tradescantia zebrina*. Além disso, foram colocadas âncoras para que os jardins não fossem arrastados pelo vento ou correnteza, permanecendo no local desejado.



Figura 11 – Jardim Flutuante da Primeira etapa



Fonte: Rocha (2018)

O processo de montagem durou 61 dias (23 de fevereiro a 24 de abril), gerando uma cobertura de 32,5 m<sup>2</sup> de jardins flutuantes que correspondem a 81,25% da área de jardins do experimento.

A segunda etapa foi marcada pelo aumento da área de cobertura superficial do experimento, foram colocados novos jardins. Estes novos jardins tiveram seu processo de montagem semelhante aos da primeira etapa, apenas sua estrutura foi modificada passando de bambu para pallets. A razão para a mudança se deu pelo tempo de fabricação e pela necessidade da mão de obra dos funcionários da universidade.

Os pallets de madeira são responsáveis pela estrutura de suporte e flutuação. Nesta etapa foram fabricados cinco jardins, dois com 1,0x1,0 m, dois com 1,0x 1,20 m e um com 0,50x 0,60 m, com altura de 0,14.

Após a aplicação da impermeabilização, costura da rede e da inserção do substrato, foram utilizadas as plantas: *Cyperus papyrus* (papiro), *Canna x generalis* (biri/cana da Índia), *Iris pseudacorus* (Íris-amarela), *Heliconia psittacorum* (Heliconia papagaio), *Spathiphyllum wallisii* (Lírio da Paz) e grama. Assim como na primeira etapa, após colocados na água, foi fixado uma “âncora” para que os jardins não fossem arrastados. A Figura 12 mostra um jardim da segunda etapa pronto para entrar na água.

Figura 12 – Jardim flutuante prestes a entrar na água



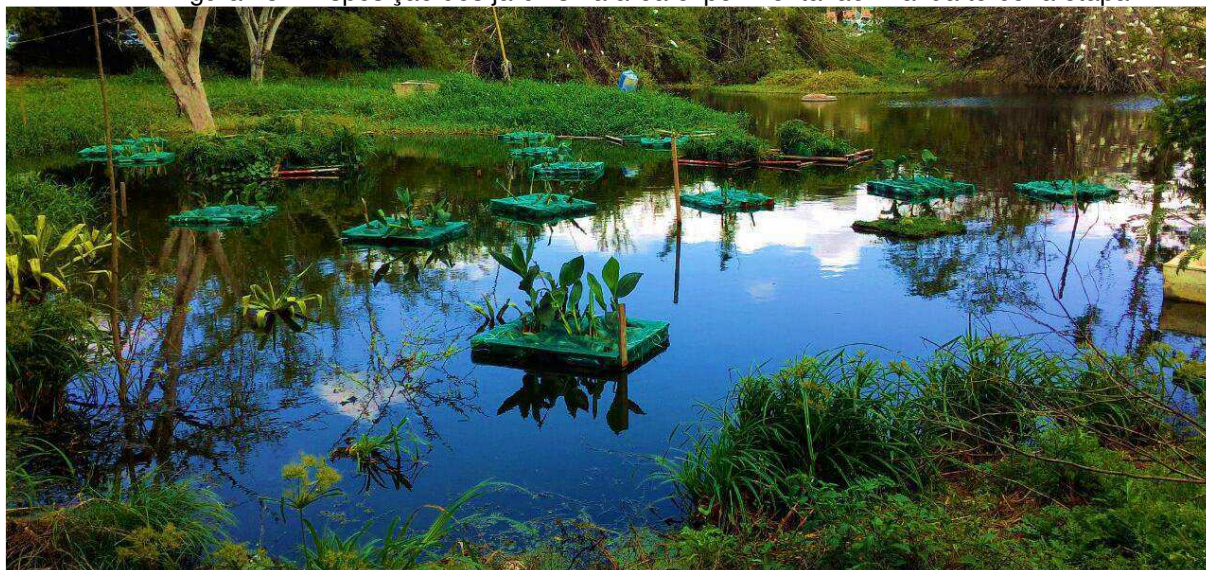
Fonte: Autoria própria

A área de cobertura superficial total da segunda etapa foi de 4,7 m<sup>2</sup>, esta etapa durou uma semana no mês de junho. Devido a perdas de área superficial na primeira etapa, a taxa de cobertura ao final desta etapa foi de 21,2 m<sup>2</sup>.

Para atingir os 40 m<sup>2</sup> de cobertura superficial da área experimental, foi necessária a construção de mais 17 jardins com dimensões de 1 x 1,20 m, um com 1,05 x 1,25 m e dois com 1,10 x 1,10 m, que forneceram mais 24,1 m<sup>2</sup> de cobertura superficial.

A montagem dos jardins da terceira etapa foi similar a da segunda, a única diferença foi a inserção de garrafas pet no interior e exterior para melhorar a sua flutuabilidade. As espécies de plantas utilizadas nesta etapa foram: *Canna x generalis* (biri/cana da Índia), *Iris pseudacorus* (íris-amarela), *Tradescantia pallida* (coração-roxo), *Epipremnum pinnatum* (Jibóia) e *Xanthosoma sagittifolium* (Taioba). A Figura 13 apresenta os jardins instalados na área experimental ao final da terceira etapa.

Figura 13 - Disposição dos jardins na área experimental ao final da terceira etapa



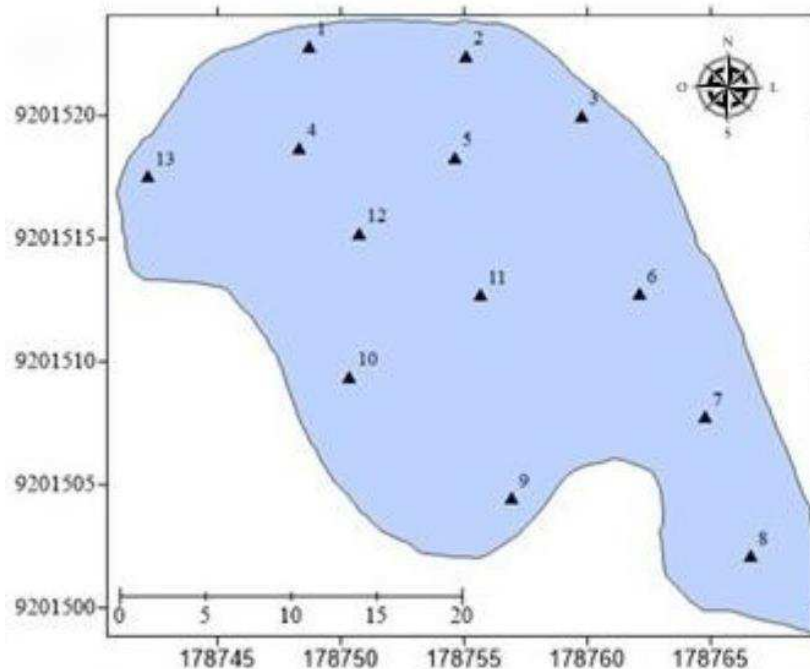
Fonte: Rocha (2018)

Os componentes dos jardins montados no presente trabalho foram pensados de forma racional, ambiental e econômica, tendo em vista o objetivo de disponibilizar esse sistema para outros estudos e projetos que se interessem pela melhoria da qualidade da água e da vida das pessoas no reservatório.

#### 4.3 COLETA DE DADOS (PONTOS AMOSTRAIS E REPETIÇÃO)

Os dados são coletados semanalmente em 13 pontos espalhados pela área experimental do açude, como mostra a Figura 14. As amostras são mantidas em temperatura ambiente para proporcionar uma maior aproximação das condições de armazenamento e do local analisado. Os pontos no açude foram marcados por estacas que por conta da ação do vento e da movimentação da água acabaram deixando uma distância próxima da almejada. As coordenadas geográficas da Figura 14, foram obtidas através do GPS, modelo GPSMAP®76CSx.

Figura 14 - Área experimental com os pontos de coleta



Fonte: Rocha (2018)

A avaliação da eficácia dos jardins flutuantes no melhoramento da qualidade de água neste trabalho se deu através da análise de Clorofila-A e Fósforo Total. As amostras foram coletadas entre maio e dezembro de 2017 em 19 ocasiões, todas entre 08:00 e 10:00 da manhã e a uma profundidade de até 20 cm. A profundidade em que a água foi retirada, corresponde a uma região conhecida como epilímnio, onde, segundo Esteves (2011) e Tundisi e T. Tundisi (2008), concentram-se as maiores temperaturas que somados com a disponibilidade de nutrientes, favorece a produtividade de organismos nessa região.

As análises dos indicadores de Clorofila-A e Fósforo Total seguiram a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

## 4.4 ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS (ESTATÍSTICA)

### 4.4.1 **Análise estatística**

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas utilizando o programa *Excel* versão 2010.

### 4.4.2 **Análise geoestatística**

As análises geoestatísticas foram realizadas por Rocha (2018) utilizando o programa SURFER versão 14 *trial*. Foi feita a espacialização dos dados obtidos dos parâmetros de Clorofila A e Fósforo Total por interpolação IDW.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS JARDINS FLUTUANTES

#### 5.1.1 **Primeira etapa**

Segundo Rocha (2018), a principal dificuldade durante a montagem foi a necessidade de mão de obra externa, onde, algumas vezes, o projeto ficou a mercê da disponibilidade dos contribuintes. Os funcionários da prefeitura universitária retiravam os bambus dos bambuzais do campus e faziam a limpeza dos mesmos, além de cortarem nas medidas necessárias para montagem da estrutura. Outro fator que contribuiu para a duração da montagem foi a falta de padronização dos bambus, que possuíam diâmetros diferentes e curvatura.

Rocha (2018) percebeu que após alguns dias de instalação dos jardins no açude, foram observados problemas na fixação da rede de sustentação e no substrato. Em alguns jardins, à medida que a coco foi retendo água, o substrato se tornava mais pesado e a rede começava a afrouxar, ficando submersa. Esse problema atingiu todos os módulos de 1,0 m x 1,0 m e em alguns de 1,5 m x 1,5 m. As plantas acabaram não sobrevivendo à falta de estabilidade dos jardins flutuantes. A Figura 15 evidencia as consequências desses problemas nos jardins de bambus.

Figura 15 – Problemas nos Jardins Flutuantes da Primeira Etapa



Fonte: Rocha (2018)

Rocha (2018) também observou que o crescimento das plantas afetou os jardins flutuantes. O peso aumentou e as raízes não conseguiram firmar no substrato, fazendo com que elas desabassem ou morressem, como aconteceu com a *Canna x generalis* (biri/cana da Índia). Das espécies utilizadas na primeira etapa, apenas o *Cyperus papyrus* (papiro) se desenvolveu e sobreviveu até o final do trabalho.

Para os módulos que não apresentaram os problemas citados acima, as plantas conseguiram se adaptar ao ambiente e se desenvolver. Sendo assim o problema dos jardins está relacionado à falta de estabilidade da estrutura e não a adaptação das plantas. Isso nos induziu a utilizar as mesmas espécies nas outras etapas.

Ao término da primeira etapa, apenas três dos cinco jardins instalados continuaram flutuando e com vegetação. Desses, os módulos de 1,0 m x 1,0 m, foram perdidos, totalizando uma área de cobertura experimental com jardins de bambu de 16,5 m<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 50% dos 32,5 m<sup>2</sup> iniciais.

### 5.1.2 Segunda etapa

Para resolver os problemas de estrutura, da montagem e para recuperar a área experimental perdida na primeira etapa, foram testados 4,7 m<sup>2</sup> de jardins flutuantes de paletes. Os novos jardins atenderam as dificuldades encontradas e possibilitaram uma montagem mais rápida. Os paletes escolhidos para o suporte dos jardins

estavam em boas condições e alguns foram recuperados e reforçados para que a estrutura aguentasse o peso das plantas e do substrato.

No primeiro momento, os jardins apresentaram bom desempenho, porém com o aumento do peso causado pelo substrato encharcado e o crescimento das plantas, quatro dos cinco jardins começaram a afundar, sendo necessário a retirada para melhoramento da sua flutuabilidade. O único jardim que não afundou, foi o que tinha a planta *Cyperus papyrus* (papiro). A recuperação se deu com a retirada do substrato e das plantas, para posteriormente instalar garrafas pet no interior e na parte exterior.

As plantas *Iris pseudacorus* (íris-amarela) e a *Canna x generalis* (cana-da-índia) tiveram suas raízes bem fixas no substrato e acabaram se desenvolvendo bem. A primeira cresceu cerca de 1,5 m e a segunda chegou a florir. Durante o processo de recuperação, foram feitas mudas da planta pra colocar nos jardins da terceira etapa. A Figura 16 mostra o desenvolvimento e fixação das raízes no substrato da íris-amarela. E a Figura 17 apresenta as fases de crescimento da cana da índia do dia 26 de junho até o dia 19 de setembro, de 2017, podendo se observar o desenvolvimento das folhas, caules e flores.

Figura 16 - Desenvolvimento da planta *Iris Pseudacorus* (íris-amarela) no jardim de palete



Fonte: Adaptado de Rocha (2018)

Figura 17 - Desenvolvimento da cana da índia na estrutura de palete



Fonte: Rocha (2018)

### 5.1.3 Terceira etapa

A partir da experiência da primeira e segunda etapas, corrigidos os problemas foi montada a terceira etapa. Os jardins confeccionados com paletes e com garrafas pet como sistema de auxílio na flutuação, além do uso das plantas melhores adaptadas, com exceção do papiro. Algumas plantas novas foram testadas e apresentaram bom desenvolvimento. Sendo assim, a terceira etapa foi marcada como positiva, pois forneceu as condições necessárias para que as plantas se adaptassem e crescessem no açude. A Figura 18 apresenta alguns jardins flutuantes da terceira etapa.



Figura 18 - Jardins de paletes da terceira etapa



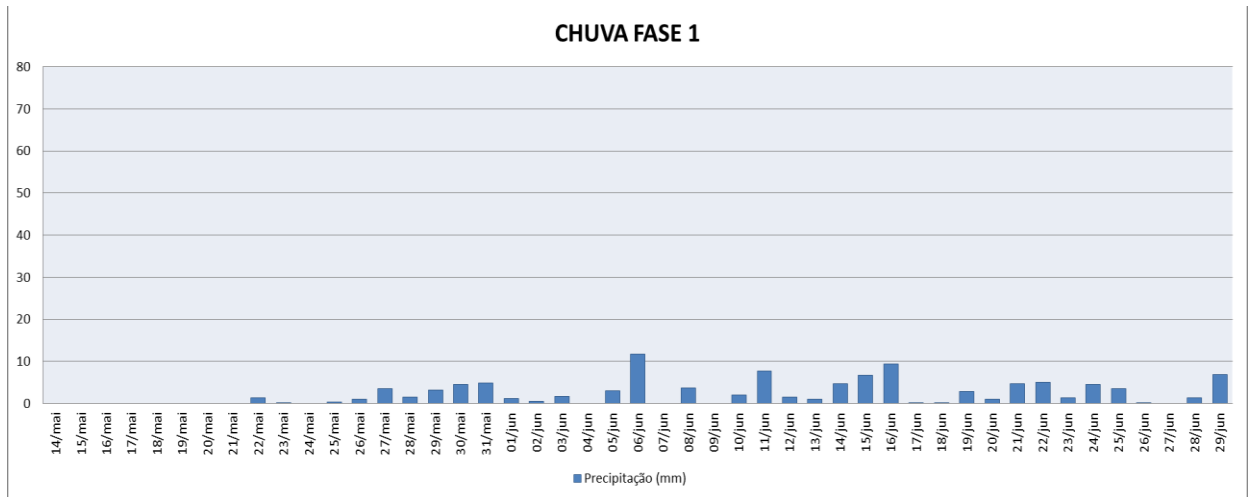
Fonte: Rocha (2018)

## 5.2 PLUVIOMETRIA

A precipitação acumulada durante todo o experimento foi de 336,4 mm, desses, 107,88 mm na primeira etapa, 166,8 mm na segunda e 61,8 mm na terceira. Esses dados foram obtidos da AESA (2018) e o posto pluviométrico de coleta usado foi o da EMBRAPA. A precipitação levantada de cada etapa foi iniciada 4 dias antes da primeira coleta e se estendeu até a última.

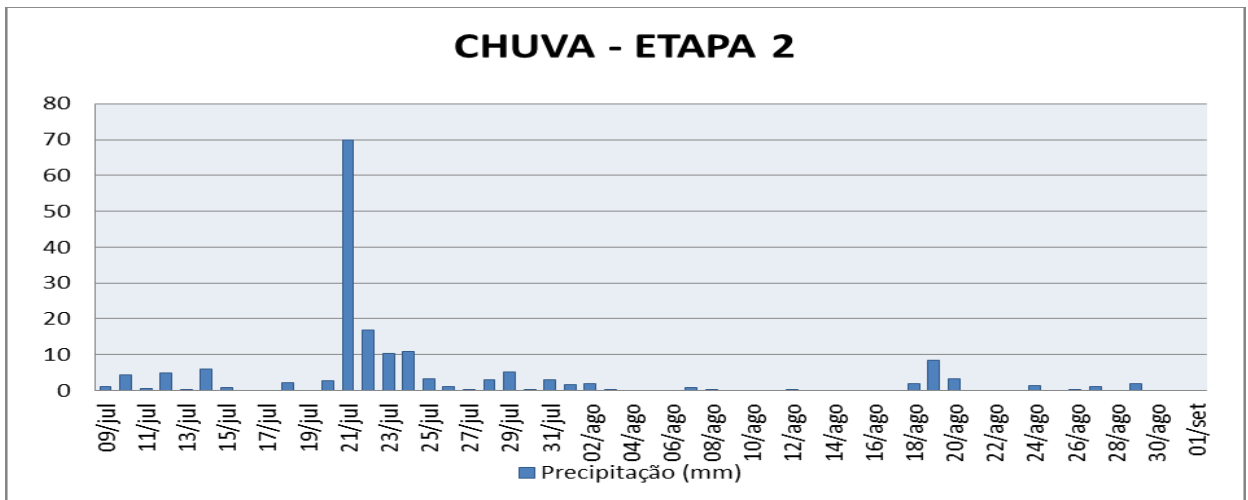
A intensidade e duração das chuvas estão ligadas diretamente ao transporte de poluidores descarregados em águas de escoamento (Göbel et al. 2007). Segundo Smith (2003), entre os vários poluentes encontrados no escoamento superficial de uma bacia hidrográfica urbana, o fósforo é um dos principais agentes favorecedores da proliferação de fitoplâncton nos lagos e reservatórios. Nos esgotos domésticos, o P pode aparecer em compostos orgânicos, como as proteínas, e minerais, em detergentes sintéticos. A lixiviação do solo e o assoreamento também contribuem para o aumento de fósforo em corpos hídricos. Abaixo temos os gráficos da precipitação de cada dia das etapas (Figuras 19, 20 e 21).

Figura 19 - Precipitação (mm) Fase 1



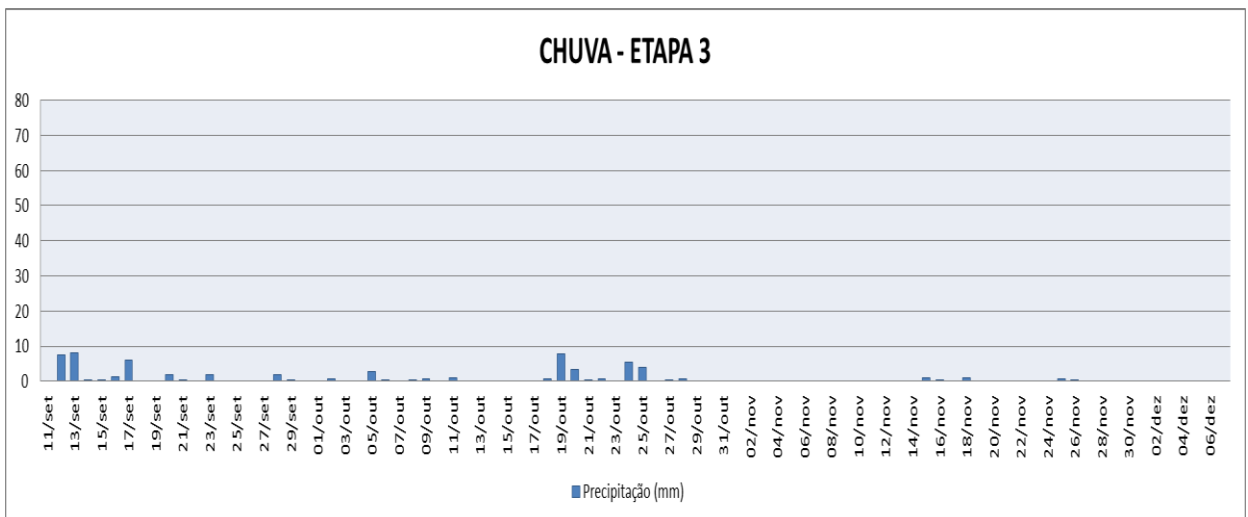
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 20 - Precipitação (mm) Fase 2



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 21 - Precipitação (mm) Fase 3



Fonte: Autoria própria (2019)

### 5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada com o programa Excel 2010, usando as concentrações de todos os pontos no dia coletado, obtendo assim, a concentração média dos indicadores referentes ao dia coletado. Essa ferramenta foi utilizada para os indicadores de fósforo total e clorofila-a. O programa também foi utilizado para relacionar as concentrações médias fornecidas pelas coletas, com a pluviometria e também com dados de oxigênio dissolvido fornecidos por Rocha (2018). A figura 22 apresenta as concentrações médias dos indicadores de fósforo total, clorofila-a, oxigênio dissolvido e pluviometria.

Figura 22 - Resumo da concentração média dos indicadores e da pluviometria

Fase 1	18/mai	25/mai	01/jun	29/jun					
Fósforo Total mg/L	5,1	5,3	3,8	4,7					
Clorofila-a µg/L	237	257	76	334					
Pluviometria [mm]	0	1,8	15,5	12					
Oxigênio Dissolvido	2,1	4,3	1,7	5,7					
Fase 2	13/jul	27/jul	03/ago	11/ago	21/ago	24/ago	01/set		
Fósforo Total mg/L	3,8	1,4	2	2,6	-	3,3	-		
Clorofila-a µg/L	862	1012	637	351	288	333	555		
Pluviometria [mm]	11,2	25,8	7,3	1	13,3	4,5	1,8		
Oxigênio Dissolvido	10,6	9,2	11,7	4,9	7,2	7,5	-		
Fase 3	15/set	22/set	19/out	26/out	02/nov	08/nov	23/nov	07/dez	
Fósforo Total mg/L	4,1	4	6,1	5,7	4,8	5,9	5,5	4,7	
Clorofila-a µg/L	432	396	185	178	233	109	414	-	
Pluviometria [mm]	16,2	2,3	8,4	10,2	0	0	0	0	
Oxigênio Dissolvido	4,3	4,9	3,7	-	3,7	-	-	4	

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao iniciar o projeto, notamos que a concentração de fósforo total e clorofila-a são respectivamente 5,1 mg/L e 237 µg/L. Comparando a concentração de p-total com as faixas de níveis trófico de Sperling (1996) da Tabela 2, o açude da universidade encontra-se na classificação de hipereutrófico. E pela resolução CONAMA 357/05 (Tabela 1), a concentração de clorofila-a encontra-se na faixa de águas de classe 4, que possuem apenas as funções de navegação e paisagismo, sendo imprópria para consumo. As concentrações finais de fósforo e clorofila foram respectivamente 4,7 mg/L e 414 µg/L, mesmo após o experimento, esses indicadores não mudaram suas classificações quanto ao nível trófico ou a classe de água.

### 5.3.1 Fósforo total

Antes do início do estudo com os jardins flutuantes, Araújo C (2017) e Lins (2017) constataram de acordo com a concentração média de fósforo total do açude o mesmo foi categorizado como hipereutrofico, de acordo com a classificação de Wetzel (2001) e Tundisi e T. Tundisi (2008), e que mesmo após a utilização do sistema de jardins flutuantes a classificação permaneceu a mesma. A Figura 22 apresenta as concentrações médias de fósforo total.

A primeira etapa apresentou uma variação na média de fósforo total de 1,5 mg/L e analisando a primeira coleta com a última uma redução de 7,84%, apesar desse indicador ter aumentado na última coleta. Relacionando as médias das concentrações de clorofila-a e fósforo, observamos que a média mínima para esses indicadores coincidiu no mesmo dia, assim como a máxima também.

A variação da concentração média de fósforo total da segunda etapa foi de 1,4 mg/L a 3,8 mg/L, tendo uma acentuada redução nos dias 27 de julho e 3 de agosto. A última taxa de p-total foi menor que a primeira coleta, indicando uma melhora de 13,15%.

A terceira etapa apresentou as maiores médias dessa etapa, variando de 4,0 mg/L a 6,1 mg/L. Também foi verificado que houve um aumento de fósforo na ordem de 24,39%, que pode ser justificado pela incidência de chuvas, ocasionando a lixiviação do solo, ou uma maior concentração desse nutriente nos esgotos lançados no açude. A precipitação acumulada desta fase foi de 63,3 mm, tendo no dia 19 de outubro 7,8 mm de chuva, onde apresentou o valor máximo de fósforo total de todo o experimento.

O uso de jardins flutuantes em ambientes onde suas condições são controladas, provocam uma redução no fósforo total. Van de Moortel (2008) conseguiu uma taxa de remoção de  $31 \pm 22\%$ , contudo, o mesmo experimento realizado em um ambiente controlado sem jardins não foi observado remoção líquida ( $-4 \pm 18\%$ ). Esses resultados implicam na eficiência dos jardins flutuantes na remoção de fósforo total, contudo, em um ambiente não controlado, torna-se mais difícil obter resultados mais estáveis por causa das influências das condições ambientais.

A disposição de fósforo para a coluna d'água e a variável dinâmica dos ecossistemas naturais, acontece com maior facilidade em ambientes com baixas

concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente em anaerobiose, Esteves (2011). No dia 01 de junho, a concentração média de oxigênio dissolvido foi de 1,7 mg/L e a de fósforo total de 3,8 mg/L já no dia 27 de julho onde a média de OD foi de 9,2 mg/L(aumentou) o p-total foi de 1,4 mg(diminuiu). Como visto nos casos anteriores, o oxigênio dissolvido na água afeta a quantidade de fósforo disponível para os organismos autótrofos.

Apesar da dificuldade em quantificar o fósforo total absorvido pelos jardins flutuantes em ambientes não controlados, pode-se concluir que o sistema colaborou para o melhoramento desse indicador na área de estudo.

### 5.3.2 Clorofila-a

A Figura 22 mostra de clorofila-a no dia, organizados pela etapa a qual pertence à coleta. Observa-se que a variação de clorofila-a dessa etapa foi de 76 µg/L até 334 µg/L. No dia 1 de junho, foi registrado a menor taxa de concentração média 76 µg/L da etapa e do experimento. Analisando o trabalho de Rocha (2018) para esse mesmo dia, o oxigênio dissolvido apresentou média de 1,7 mg/L, a menor do experimento. A última medição dessa etapa resultou em 334 µg/L de clorofila-a, levando a um aumento bruto se comparado com a primeira coleta, porém, o aumento desse indicador pode ser justificado pela perda de jardins flutuantes por problemas estruturais.

Na segunda etapa foi observada a maior variação de clorofila-a de todo o experimento, variando de 288 a 1012 µg/L além das três maiores médias do experimento, ocorrendo entre os dias 13 de julho e 3 de agosto, com concentrações de 862, 1012 e 637 µg/L coincidindo também com altos valores de oxigênio dissolvido 10,6, 9,2, e 11,7 mg/L, respectivamente, obtidos no trabalho de Rocha (2018). Entre o primeiro dia de coleta e o último foi constatada uma redução na concentração de clorofila-a, além da última coleta implicar em grande redução, se comparada aos picos dessa etapa. Os picos desse indicador podem ser justificados pelos jardins que precisaram ser retirados para a manutenção e adição de garrafas pet.

A terceira etapa apresentou uma variação de 323 µg/L, entre as médias máximas e mínimas. Comparando a primeira coleta dessa etapa com a última,

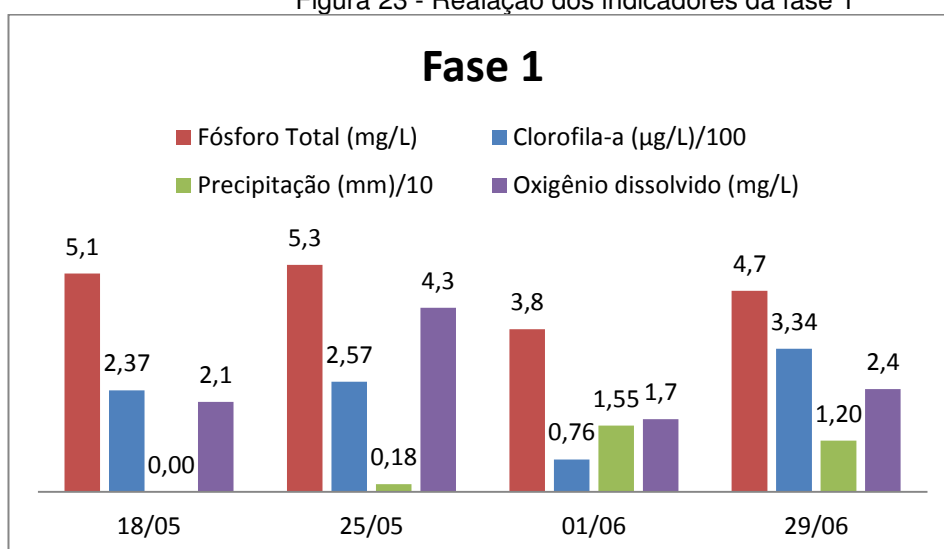
observa-se uma leve redução. Comparando os resultados com a segunda etapa, houve redução de clorofila-a e com a primeira etapa aumento. Vale destacar que a primeira etapa foram realizadas apenas 4 coletas, enquanto que a terceira contou com 7.

Além da temperatura da água e da chuva, o oxigênio dissolvido e a radiação solar afetam a produtividade primária dos ecossistemas lacustres, logo, na concentração de clorofila-a.

Experimentos realizados com jardins flutuantes em ambientes controlados, apresentaram êxito na remoção de clorofila-a, como no caso de Hu et al. (2010) e Li et al. (2010) onde atingiram uma redução de 47,9%, 80,2%, respectivamente. Este resultado foi associado diretamente a redução da entrada de raios solares na água, causada pela cobertura vegetal dos jardins.

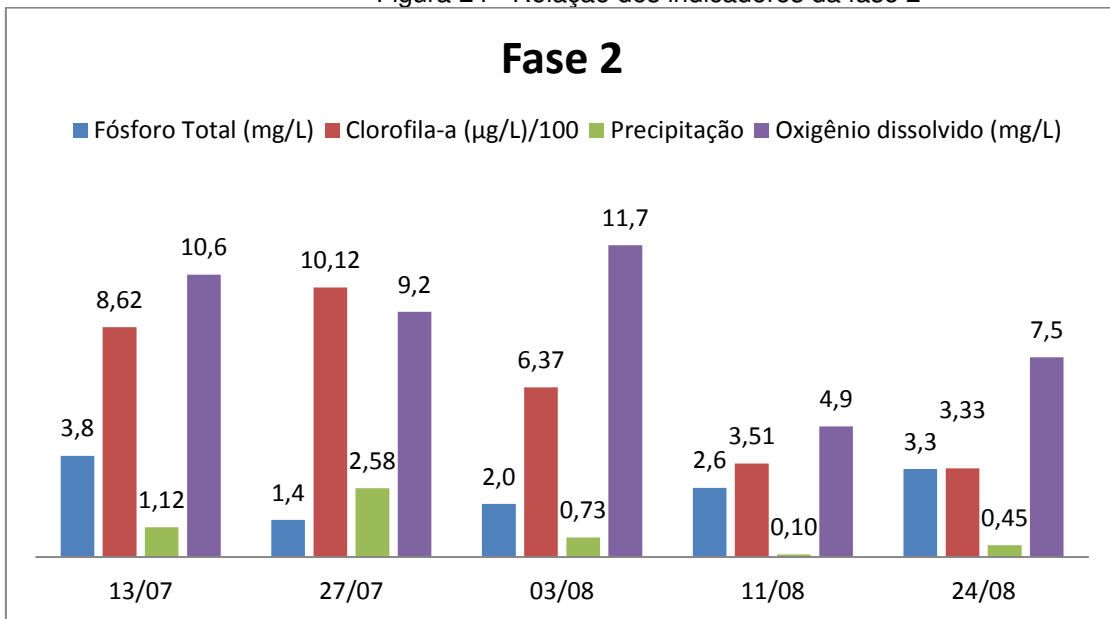
Segundo o estudo de Nakamura (2003), uma cobertura superficial de jardins flutuantes provoca uma redução de clorofila-a de cerca de 45% em um ambiente controlado. Comparando os resultados da terceira etapa com essa taxa, conclui-se que, em um ambiente controlado esse número varia muito em função das condições ambientais, como concentração de fósforo na água, oxigênio dissolvido, pluviometria, temperatura da água e dos raios solares. As Figuras 23, 24 e 25, apresentam os gráficos da concentração de fósforo, clorofila-a, chuva e oxigênio dissolvido em cada etapa.

Figura 23 - Realção dos indicadores da fase 1



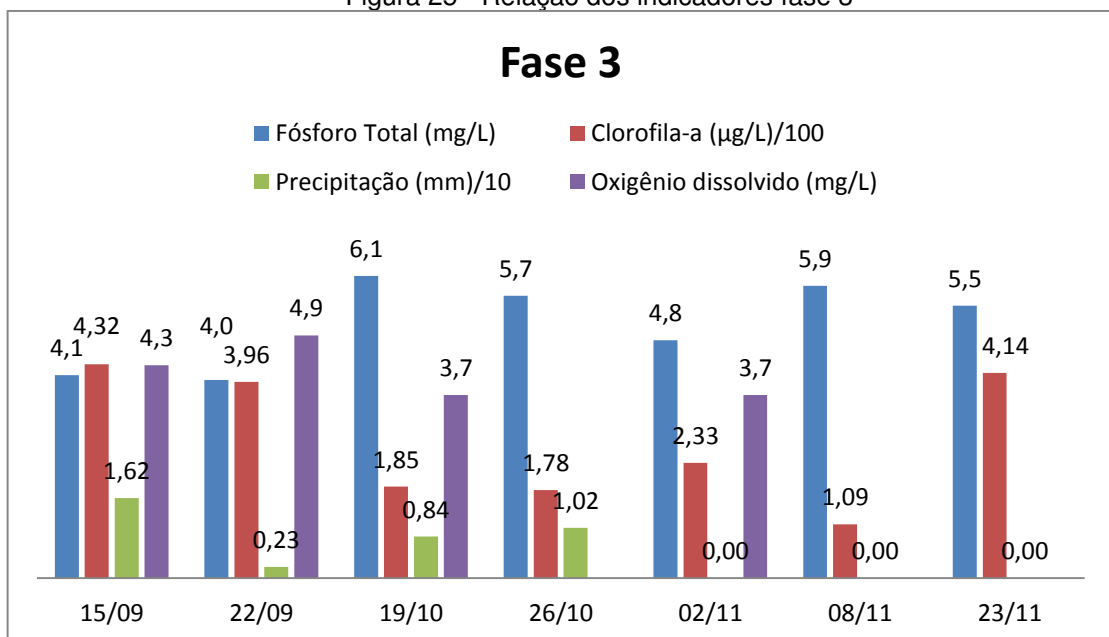
Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 24 - Relação dos indicadores da fase 2



Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 25 - Relação dos indicadores fase 3



Fonte: Autoria Própria (2019)

#### 5.4 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

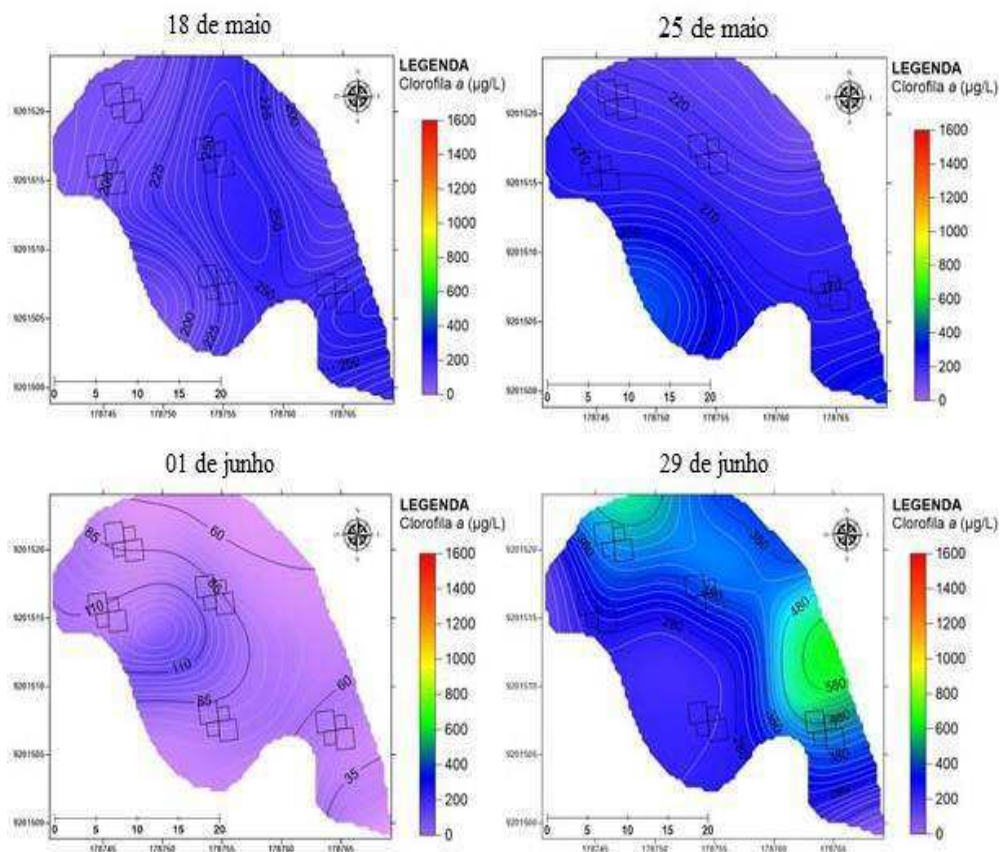
A avaliação espacial dos dados na área experimental do açude foi realizada por Rocha (2018). Essa análise foi realizada pela interpolação IDW. A partir dos dados pontuais, coordenada de cada ponto em UTM (x,y) e seu respectivo valor de parâmetro (Clorofila-A ou Fósforo total), foi gerado linhas isométricas e mapas de superfície para cada coleta. Sendo possível também, estimar os valores dos

parâmetros para os locais onde não foram feitas análises. A título de informação, a Figura 26, apresenta os mapas da primeira etapa gerados pela geoestatística aplicada.

A partir dos mapas da primeira fase, o dia 18 de maio apresentou os maiores valores de clorofila-a na entrada da área experimental indo até o centro, diminuindo em direção as margens. Neste mesmo dia, o fósforo total e o oxigênio dissolvido apresentaram médias de 5,1 mg/L e 2,1 mg/L, respectivamente. Já no dia 25 de maio, percebe-se que a redução de clorofila-a aconteceu na margem direita da porção central até a parte de cima, e houve aumento do fósforo total para 5,3 mg/L e de oxigênio dissolvido para 4,3 mg/L.

No dia 01 de junho, a etapa apresentou as menores taxas de clorofila-a, sendo os maiores valores na região central e diminuindo em direção as extremidades da área experimental. O valor de clorofila-a menor, foi encontrado na saída do canal, 35 µg/L. Neste dia a coleta foi realizada em baixo da ponte, onde estava com sombra, restringindo a atividade fotossintética.

Figura 26 - Mapas de Clorofila-a da 1ª etapa



Fonte: Rocha (2018)



## 6. CONCLUSÕES

- As concentrações de fósforo total e clorofila-a encontradas durante todo o experimento permaneceram na margem para classificação do açude em hipereutrófico.
- Segundo a resolução CONAMA 357/2005 as águas do açude da universidade se encontram na classe 4;
- A clorofila-a variou bastante, de picos muito altos para concentrações pequenas, contudo, na última etapa teve uma redução na sua concentração média.
- Na terceira etapa, com uma cobertura superficial de 10%, os indicadores de clorofila-a e fósforo total apresentaram concentrações reduzidas, indicando um melhoramento da qualidade na água.

O presente trabalho foi positivo, pois trouxe enriquecimento na pesquisa com jardins flutuantes. Mesmo com os problemas encontrados em alguns jardins de bambus, foram feitas adaptações que possibilitaram a cobertura experimental proposta. Apesar do ambiente não ser controlado, o sistema possibilitou o melhoramento dos indicadores de clorofila-a e fósforo total.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. Relatório Técnico do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande. 2015.

ANDRADE, J. C.M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F; Fitorremediação: o uso das plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

APHA - **American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22 ed. Springfield: Byrd Prepress, 2012.

ARAÚJO, C. T. F. Caracterização das águas do açude da Universidade Federal de Campina Grande e classificação preliminar para usos diversificados. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ARAÚJO, S. L. A. R. Avaliação da eficiência do sistema de jardins flutuantes na qualidade da água no açude da universidade federal de Campina Grande-UFCG. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ARAÚJO. J.C. Assoreamento em reservatórios do Semiárido: modelagem e validação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n.2, p.39-56, 2003.

ASSUNÇÃO, L. M.; LIVINGSTONE, I. Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas no Sertão do Nordeste. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, jul./set., 1993, p. 425-448.

BARBOSA, F.;MARQUES, M.M. A água como patrimônio da humanidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Resumos...* Cuiabá, 2002.

BARRETO, A. B. A seleção de macrófitas aquáticas com potencial para remoção de metais-traço em fitorremediação. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BECKER, H.; SOUSA, L. A. V.; FARIAS, D. B. A.; CORREIA, L. M. Distribuição de metais nos sedimentos do Açude Santo Anastácio-CE. In: 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Química (SBQ). 2009.

Brzezinski, I. Formação de profissionais da educação (2003-2010). Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2014.

CARNEIRO, C; PEGORINI, E.; ANDREOLI, C. V. Avaliação temporal de fósforo em água e sedimento no reservatório Irai, Pinhas/PR, Brasil. In: SEMINÁRIO DO INTERDISCIPLINAR SOBRE EUTROFIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO ALTÍSSIMO IGUAÇU, 4., 2003, Curitiba.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.

EPA. (2000). Introduction of phytoremediation. EPA/600/ R-99/107. Recuperado em 5 Maio 2012, de <http://nepis.epa.gov>.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FERREIRA, Y. B. C. Proposta de um modelo de gestão ambiental com ênfase no saneamento básico para implantação na Universidade Federal De Campina Grande – PB. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

GALISA, D. R. R. Utilização de jardins flutuantes no tratamento de águas superficiais urbanas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

GARDEA-TORRESDEY, J. L., PERALTA-VIDEA, J. R., De La Rosa, G., & Parsons, J. G. (2005). Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews*, 249, 1797-1810. doi:10.1016/j.ccr.2005.01.001.

GASTALDINI, M.C.C.; MENDONÇA, A.S.F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.). **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625p.

GÖBEL, A.; McARDELL, C.S.; JOSS, A.; SIEGRIST, H.; GIGER, W. (2007) Destino das sulfonamidas, macrólidos e trimetropim em diferentes tecnologias de tratamento de águas residuais. *Science of the Total Environment*, v. 372, p. 361-371.

GOMES, E. F. Perdas de vazão e seus efeitos na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande-Pb. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG. Campina Grande, 2013.

HEADLEY, T.R., TANNER, C.C. Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment: A Review. Auckland Regional Council. Technical Publication No. November, 2006.

HEADLEY, T.R. & TANNER, C.C. ***Floating Treatment Wetlands: na Innovative Option for Stormwater Quality Applications***. Indore, 2008.

HU, G-J.; ZHOU, M.; HOU, H-B.; ZHU, X.; ZHANG, W-H. *An ecological floating-bed made from dredged lake sludge for purification of eutrophic water*. *Ecological Engineering*, v. 36, 2010, p. 1448–1458.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. IBGE Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>. Acesso em: abril, 2019.

JUNIOR, A.G.R. & SOUSA, C.M.de. **Campina Grande Hoje e Amanhã**. Campina Grande: EDUEPB, 2014.

KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. **Detailed Methodology for Surveying Phototrophic organisms in streams and small rivers. Survey Methodology for algae and Other Phototrophs in Small Rivers**. NRA R&D Note 278: 117-116. 1994.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004

LI, X.-N.; SONG, H.-L.; LI, W.; LU, X.-W.; NISHIMURA, O. *An integrated ecological floating-bed employing plant, freshwater clam and biofilm carrier for purification of eutrophic water*. Ecological Engineering v. 36, 2010, p. 382–390.

LOPES, W. da S. et al. **Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba**. Campina Grande: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbrh/v21n1/2318-0331-rbrh-21-1-1.pdf>>. Acesso em: abril, 2019.

LUQMAN, M. et al. ***Phytoremediation of polluted water by trees: A review***. AJAR. V.8 (17). Pp. 1591-1595. 2003.

MACEDO, M. J. H.; R. GUEDES, V. de S.; SOUSA, F. de A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. Revista Brasileira de Climatologia, v. 8, 2011, p. 105-117.

MORENO, F. N.; CORSEUIL, H. X. Fitorremediação de aquíferos contaminados por gasolina. Eng. Sanitária Amb., v. 6, p. 1-7, 2001.

MORIHAMA, A. C. D. et al. (2012). Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions. *Water Science and Technology*, v. 66, n. 4, pp. 704-711.

NAICHIA, Y. Artificial floating islands for environmental improvement. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Taiwan: Elsevier, 2015.

NAKAMURA, K. *Artificial floating island. Water quality improvement by ecotechnology*, Y. Shimatani, M. Hosomi and K. Nakamura , eds., Soft Science, Tokyo, Japão, 2003, p. 251 - 259.

NETO, M. L. F.; FERREIRA, A. P. - Perspectivas da Sustentabilidade Ambiental Diante da Contaminação Química da Água: Desafios Normativos - *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente* - v.2, n.4, Seção 1, ago 2007.

PIRES, F. R. et al.. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, v. 21, n. 2, p. 335-341, 2003b.

PIRES, F. R. et al.. Seleção de plantas tolerantes ao Tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. *Revista Ceres*, v. 50, n. 291, p. 583-594, 2003a.

QUEGE, E. Q.; ALMEIDA, R. A.; UCKER, F.E. Utilização de Plantas de Bambu no Tratamento De Esgoto Sanitário pelo Sistema de Alagados Construídos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* (e-ISSN: 2236-1170) v(10), nº 10, p. 2069-2080, jan./abr., 2013.

BALDASSIN, Paula. O que é limnologia. *iGui ecologia*, 2017. Disponível em: <<https://www.iguiecolgia.com/o-que-e-limnologia>>. Acesso em 30 de nov. de 2019.

ROCHA, E.G. Uso jardins flutuantes na remediação de águas superficiais poluídas. *Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande*, 2018.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impactos ambientais. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2008.

Smith, E. (2003). “Concentrações poluentes de águas pluviais e sedimentos capturados em cárteres de controle de enchentes que drenam uma bacia hidrográfica urbana” 35(13), 3117-3126.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.5, n.1, p.181-186, Jan./Mar. 2002.

TUCCI, C.E.M.; Águas Urbanas. Estudos Avançados. v.22, n.63. São Paulo, 2008. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>>. Acesso em: nov. 2019.

TUNDISI, J. G.; TINDISI, T. M. Limnologia. Oficina de Textos, 2008.

VAN DE MOORTEL, A. *Use of floating macrophyte mats for treatment of CSOs*. In: Proceedings of the 11<sup>a</sup> international conference on urban drainage. Edinburg, Scotland, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).  
WETZEL, R. G. Limnology – Lake and River Ecosystems. 3<sup>a</sup> ed. Academic Press. San Diengo, 2001, 1006p.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2008. Tese de doutorado.