



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS**

LAZARO RAMOM DOS SANTOS ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEU REUSO NA
IRRIGAÇÃO DE ÁREAS VERDES DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-PB**

Campina Grande – PB
2017

LAZARO RAMOM DOS SANTOS ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEU REUSO NA
IRRIGAÇÃO DE ÁREAS VERDES DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-PB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós
graduação em Recursos Naturais do Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal
de Campina Grande, como requisito para obtenção do
título de mestre em Recursos Naturais.

Orientador: Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo

Campina Grande – PB
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A553a

Andrade, Lazaro Ramom dos Santos.

Avaliação da qualidade das águas superficiais e seu reuso na irrigação de áreas verdes do campus sede da Universidade Federal de Campina Grande / Lazaro Ramom dos Santos Andrade. – Campina Grande, 2017.
64 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo".
Referências.

1. Reuso de Água - Irrigação. 2. Índice de Estado Trófico. 3. Índice de Qualidade da Água. I. Araújo, Sérgio Murilo Santos de. II. Título.

CDU 628.16(813.3)(043)

LAZARO RAMOM DOS SANTOS ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEU REUSO NA
IRRIGAÇÃO DE ÁREAS VERDES DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-PB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós
graduação em Recursos Naturais do Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal
de Campina Grande, como requisito para obtenção do
título de mestre em Recursos Naturais.

BANCA EXAMINADRA

Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo
Orientador

Prof. Dr. Kepler Borges França
Examinador externo
UAEQ/CCT/ UFCG

Prof. Dr. José Dantas Neto
Examinador interno
UAEA/CTRN/ UFCG

Dedico aos meus pais, Maria de Fátima e Francisco Pereira, à esposa Marília, por me fornecerem os elementos principais para a elaboração deste trabalho: amor, sábios conselhos e ensinamentos e por acreditarem em mim (por muitas vezes mais do que eu mesmo).

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder a graça de estar concluindo mais uma etapa de minha vida.

A minha amada e querida mãe, Maria de Fátima, pelo amor e dedicação em todos os momentos de minha vida, e por sempre me encorajar a ir em busca dos meus sonhos.

Ao meu pai, Francisco Pereira, por todo amor e apoio durante toda minha vida.

A minha amada esposa, Marília, pelo companheirismo, compreensão e apoio durante esta caminhada.

A meu orientador, Prof. Sergio Murilo por toda compreensão, paciência e acolhimento durante esses dois anos de pesquisa.

Aos integrantes do Laboratório de Referência em Dessalinização, em especial o professor Kepler por todo apoio e incentivo a minha pesquisa, bem como ao professor Howard por acompanhar minha vida acadêmica desde a graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

MUITO OBRIGADO!

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEU REUSO NA IRRIGAÇÃO DE ÁREAS VERDES DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-PB

RESUMO

A cidade de Campina Grande-PB vem sofrendo com a grande estiagem que assola a região Nordeste, diante disto a população vem desenvolvendo alternativas que para mitigar a crise hídrica. A utilização de águas residuárias na agricultura é uma prática que vem ganhando espaço nos últimos anos, no entanto estudos que comprovem sua qualidade devem ser efetuados, bem como a aplicação de técnicas de tratamento que contribuam para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida da população. A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) utiliza a água de duas lagoas contendo águas residuárias para irrigação das áreas verdes do campus. Diante da falta de tratamento dessas águas, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade dessas águas superficiais do campus sede da UFCG, para fins de reuso na irrigação de áreas verdes. A pesquisa foi realizada no ano de 2016, entre os meses de março a outubro, na qual foi avaliada a qualidade das águas por meio de uma sonda multiparâmetros, análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados foram comparados aos valores estabelecidos pela Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), bem como utilizados para calcular o Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade da Água (IQA). O IQA da lagoa 1 classificou-se entre ruim e péssimo e o IQA da lagoa 2 foi classificado como péssimo em todos os meses de estudo. Com relação ao grau de trofia da lagoa 1, o IET variou entre Mesotrófico e Eutrófico nos seis primeiros meses, passando a Supereutrófico nos dois últimos meses. A lagoa 2 apresentou melhor IET no mês de março, de modo que os demais meses variaram entre Supereutrófico e Hipereutrófico. Constatou-se que a água da lagoa 2 apresentou qualidade inferior em relação a lagoa 1, em detrimento do canal que liga as duas lagoas e que recebe efluentes de pontos adjacentes do campus. Outro fator relevante para esses resultados é a presença de aves que eliminam seus excrementos na água além da entrada de efluentes advindos do bloco CA e do quiosque na margem da lagoa 2. Constatou-se que a utilização dessas águas sem tratamento pode acarretar danos ao solo, às plantas e causar doenças aos funcionários que operam os sistemas de irrigação, assim como as pessoas que utilizam o campo de futebol, bem como as áreas verdes para descanso ou lazer. Sendo assim se faz necessário a implantação de um sistema de tratamento de efluente que possa reduzir a carga poluidora dessas águas.

Palavras chave: Reúso; Índice de Estado Trófico; Índice de Qualidade da Água.

EVALUATION OF THE QUALITY OF SURFACE WATER AND ITS REUSE IN THE IRRIGATION OF GREEN AREAS OF THE CAMPUS HEADQUARTERS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF CAMPINA GRANDE-PB

ABSTRACT

The city of Campina Grande-PB has been suffering from a prolonged drought common to the Northeast, which has necessitated developing alternative strategies to mitigate the water crisis. The use of wastewater in agriculture is a practice that has been gaining ground in recent years, however studies that prove its quality must be carried out, as well as the application of treatment techniques that contribute to the preservation of the environment and quality of life of the population. The Federal University of Campina Grande (UFCG) at its principal campus uses water from two small lakes contaminated with wastewater to irrigate the green areas of the campus. In view of the lack of treatment of these waters, this study aimed to evaluate the quality of this surface water used on the campus. The research was carried out between March and October 2016, and water quality was determined by means of a multiparameter submersible probe, plus additional physical-chemical and microbiological analyzes. The results obtained were compared to the values established by Resolution No. 357 of 2005 of the National Environment Council (CONAMA), for surface water quality and were used to calculate the Trophic State Index (EIT) and Water Quality Index (IQA). The IQA of Lake 1 ranged from poor to very poor and the IQA for Lake 2 was classified as poor in all months of study. In relation to the trophic level of Lake 1, the EIT varied between mesotrophic and Eutrophic during the first six months, passing to super eutrophic in the last two months of the study. Lake 2 presented a better EIT in the month of March, but for the other months, it varied between super eutrophic and Hypereutrophic. The water of lagoon 2 presented inferior quality in relation to lagoon 1, and this was due to the channel connecting the two lakes receiving additional effluents from adjacent points of the campus. Another additional factor that maybe relevant to these results on water quality was the contamination of the water with excrement from a large bird population and the entrance of effluents from the CA block and a cafe located at the margin of lake 2. From the results of this study it was concluded that the use of these waters without treatment represent a threat to soil quality, may damage existing vegetation and are a risk to public health, principally to the employees operating the irrigation systems, as well as to people who use the soccer field, and the green areas for rest or leisure. Therefore, it is necessary to implement an effluent treatment system that reduces the polluting load of these waters.

Keywords: Reuse; Index of Trophic Status; Water Quality Index.

LISTA DE SIGLAS

ABES: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ANA: Agência Nacional das Águas.

ANOVA: Análise de variância.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

CL = clorofila.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO: Demanda Química de Oxigênio.

FUNASA: Fundação Nacional da Saúde.

IET: Índice de Estado Trófico.

IQA: Índice de Qualidade de Água.

LABDES: Laboratório de Referência em Dessalinização.

ln = logaritmo natural.

NMP: Número Mais Provável.

NSF: National Sanitation Foundation.

OD: Oxigênio Dissolvido.

ONU: Organização das Nações Unidas.

pH: Potencial Hidrogeniônico.

PT = fósforo total.

STD: Sólidos Totais Dissolvidos.

UFCG: Universidade Federal de Campina Grande.

UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação de temperatura da água nos pontos de coleta.....	37
Tabela 2: Variação de pH nos pontos de coleta.	38
Tabela 3: Variação de condutividade elétrica nos pontos de coleta.	40
Tabela 4: Variação de sólidos totais dissolvidos nos pontos de coleta.	42
Tabela 5: Variação do oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.....	43
Tabela 6: Variação de turbidez da água nos pontos de coleta.....	44
Tabela 7: Variações de nitrato nos pontos de coleta.	45
Tabela 8: Variação de Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de coleta.....	46
Tabela 9: Variação de coliformes termotolerantes nos pontos de coleta.	47
Tabela 10: Valores de estado trófico dos pontos coletados.....	50
Tabela 11: Resultados do índice de qualidade da água dos pontos analisados.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Análises necessárias para avaliar a água para irrigação.	23
Quadro 2: Pontos georreferenciados dos pontos de coleta de água.	32
Quadro 3: Metodologia utilizada para análise bacteriológica.	32
Quadro 4: Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson modificado.	34
Quadro 5: Variáveis e respectivos pesos adotados no modelo de IQA da NSF.	35
Quadro 6: Níveis de qualidade da água para o IQA.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica de Campina Grande, UFCG e Lago Universitário.....	26
Figura 2: Delimitação da área de estudo.	26
Figura 3: Captação de água na lagoa 1. Figura 4: Captação de água na lagoa 2.....	27
Figura 5: Sistema de irrigação utilizado no campus.....	27
Figura 6: Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa.	28
Figura 7: Sonda DS5X e protetor de sensores.....	29
Figura 8: Sonda multiparâmetros acoplada a boia náutica.....	30
Figura 9: Sensores de leitura da sonda DS5X.	30
Figura 10: Ponto de coleta em P1. Figura 11: Ponto de coleta em P2.	31
Figura 12: Ponto de coleta de água na lagoa.	31
Figura 13: Análise bacteriológica pelo método de tubos múltiplos.	33
Figura 14: Mudanças de ipê irrigadas com água do P1.	41
Figura 15: Presença de aves na lagoa.....	51
Figura 16: Entrada de efluente pertencente ao bloco CA na lagoa.	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Geral.....	15
2.1 específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Recursos hídricos	16
3.2 Reuso de água	17
3.3 Qualidade das águas e Legislação Ambiental.....	18
3.4 Eutrofização dos corpos hídricos	19
3.5 Parâmetros de qualidade da água.....	20
3.6 Qualidade da água para irrigação.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Tipo da pesquisa	25
4.2 Área de estudo	25
4.3 Procedimentos experimentais	28
4.4 Coleta dos dados	29
4.5 Análises bacteriológicas	32
4.6 Análise da qualidade da água utilizada para irrigação.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1 Temperatura	37
5.2 Potencial hidrogeniônico	38
5.3 Condutividade elétrica	39
5.4 Sólidos totais dissolvidos.....	41
5.5 Oxigênio dissolvido	42
5.6 Turbidez.....	43
5.7 Nitrato	45
5.8 DBO	46
5.9 Coliformes termotolerantes.....	47
5.10 Índice de estado trófico.....	48
5.11 Índice de qualidade da água.....	52
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

Os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. O Brasil é considerado o país mais rico em recursos hídricos do Planeta, dispondo em torno de 12% das reservas mundiais de água doce. Porém, o país vem vivenciando sérios problemas de escassez de água, resultantes tanto da sua distribuição geograficamente desigual, como de sua contaminação (GARCIA, 2008).

A ONU vem alertando que em 2025 quase dois terços da população mundial viverá em áreas metropolitanas, gerando graves problemas de abastecimento (WOLKMER, 2013). O reúso de águas residuárias é uma técnica que pode mitigar a carência de muitas civilizações no que concerne a escassez hídrica.

A associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) classifica o reúso de água em duas categorias: Potável e não potável. A primeira água é utilizada para consumo humano de modo que seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade previstos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. A água que não se encaixa dentro desses padrões é classificada como não potável, e pode ser destinada para diversos fins, como agricultura, dessedentação de animais entre outros.

A crescente necessidade por água potável, aliado ao uso intensivo para a irrigação, indústria e abastecimento público tem se mostrado um grande desafio na atualidade e tema de grande preocupação nos debates mundiais. A escassez hídrica sofrida pela região Nordeste acarreta diversos problemas sociais e econômicos que atingem diretamente a saúde e qualidade de vida da população.

As águas armazenadas em reservatórios superficiais é a principal fonte de abastecimento para as grandes demandas oriundas do consumo humano, animal e, sobretudo, da agricultura irrigada. As intervenções antrópicas nas bacias hidrográficas têm provocado diversos desequilíbrios ambientais, econômicos e sociais. A principal causa de degradação das águas no espaço urbano é o lançamento de efluentes domésticos sem o tratamento adequado, os quais são ricos em matéria orgânica e nutrientes. Dessa forma, o excessivo aporte de nutrientes nos ecossistemas aquáticos é fortemente correlacionado com a ocupação humana na bacia hidrográfica (ARBUCKLE, 2001).

A baixa precipitação e a elevada evaporação intensificam a eutrofização de ecossistemas aquáticos no semiárido, devido à remobilização de nutrientes do sedimento e aumento de concentrações na água, resultando em perda de qualidade ecológica e reduzindo seus múltiplos usos (FREITAS *et al.*, 2011).

A cidade de Campina Grande, inserida na Região do Semiárido Brasileiro, vem sofrendo com a crise hídrica que se alastra por todo semiárido do estado da Paraíba. Atualmente o abastecimento de água do município é realizado por meio da captação do reservatório Eptácio Pessoa, localizado na Bacia do Rio Paraíba do Norte, é o segundo reservatório do Estado em dimensão, com volume de acumulação original de 411.686.287 milhões de m³(AESAs, 2015). No entanto, em cinco de março de 2017 o volume desse açude se encontrava com 15.100.954 m³, compreendendo 3,7% de sua capacidade total.

A poluição dos corpos d' água conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. Esses planos, além das medidas de acompanhamento de suas metas, através de fiscalização, requerem para sua implementação, dados que indiquem a qualidade do ambiente aquático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos. Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na água, que serão analisadas considerando os aspectos físicos, químicos e biológicos.

Para se definir a qualidade das águas dos mananciais no território nacional é preciso enquadrá-las em classes, considerando seus usos e estabelecendo-se critérios (VON SPERLING, 1995). O enquadramento de corpos d' água é aplicado pela Resolução CONAMA N°357/05 a qual estabelece o nível de qualidade em classes a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de um corpo d' água ao longo do tempo, assegurando seus usos prioritários.

Os impactos ambientais e sociais da degradação da qualidade das águas têm reflexos econômicos, nem sempre mensurados, tais como o aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, o aumento de custos hospitalares com internações, a perda de produtividade na agricultura e na pecuária, a redução da pesca, a perda da biodiversidade e a perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (FUNASA, 2014).

A Universidade Federal de Campina Grande, campus I, possui em seu perímetro uma lagoa que recebe efluente sanitário da área interna, bem como de bairros vizinhos como Bela Vista e Monte Santo. De acordo com o Portal Transparência do Governo Federal o mês de

março de 2015 a universidade pagou R\$ 66.325,98 de serviço de água e esgoto sanitário. Esse valor corresponde a um consumo de água equivalente a 11.718,37 m³ de acordo com a tarifa cobrada pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba. Em virtude disso, o reúso dessa água apresenta diversas vantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Diante do contexto apresentado, a questão problema envolvendo a pesquisa é: As águas superficiais presentes no campus sede da UFCG podem ser utilizadas sem tratamento preliminar? Assim, parte-se da premissa que um diagnóstico preciso do estado de degradação, bem como das fontes poluidoras podem servir para caracterização da qualidade dessas águas e permite avaliar a possibilidade de seu uso.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a qualidade das águas superficiais do campus sede da Universidade Federal de Campina Grande-PB, para fins de reuso na irrigação de áreas verdes.

2.1 específicos

- Identificar as fontes antrópicas que influenciam na degradação da qualidade das águas superficiais do campus;
- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais em diferentes pontos de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05;
- Classificar as águas superficiais do campus com base nos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05;
- Analisar o grau trófico das águas por meio do Índice de Estado Trófico (IET) ao longo do ano;
- Analisar o Índice de Qualidade da Água (IQA) em relação à sazonalidade da região.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos hídricos

A carência dos recursos hídricos e a má distribuição pelos continentes dificultam o acesso e aumenta o risco de conflitos por água. Desde 1900 mais de 11 milhões de pessoas morreram em consequência das secas, e mais de dois bilhões de pessoas têm sofrido com estas, que estão à frente de todos os outros perigos físicos (UNISDR, 2011).

Aumenta também o número de doenças pela falta de saneamento básico. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) publicado em 2015, um em cada quatro habitantes do mundo vive em sem condições sanitárias adequadas. Mais de 80% da água utilizada ao redor do mundo, não é coletada ou tratada (CORCORAN *et al.*, 2010).

De acordo com esse relatório, nas últimas décadas o consumo de água cresceu duas vezes mais do que a população e a estimativa é que a demanda aumente 55% até 2050. Os desafios são muitos: o crescimento da população está estimado em 80 milhões de pessoas por ano, podendo chegar a 9,1 bilhões em 2050.

A ONU (2015) acredita que seja necessário buscar um equilíbrio entre o suprimento e a demanda de água. Mas ressalta que 748 milhões de pessoas ainda não têm acesso a fontes de água potável de qualidade (protegidas de contaminação externa), e a maioria delas são de baixa renda e mulheres.

Em comparação com outros países, o Brasil está em posição privilegiada no acesso ao insumo. Possui 12% de todas as reservas de água doce do mundo, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA). Apesar do número, 70% de todo o volume está na Região Amazônica; contra menos de 5% na região que mais sofre com a seca: o Nordeste (ANA, 2013).

Com relação ao consumo a ONU destaca que até 2050, a agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, e 100% a mais nos países em desenvolvimento. Entre 2000 e 2050, prevê-se um aumento de 400% da demanda global de água pela indústria manufatureira, afetando todos os outros setores, com a maior parte desse aumento ocorrendo em economias emergentes e em países em desenvolvimento.

3.2 Reuso de água

O reúso da água favorece a redução da demanda sobre os mananciais, pela possibilidade de substituição da água potável por outra de qualidade inferior, que seja compatível com o uso específico. Essa técnica substitui grandes volumes de água potável, utilizando águas de efluentes tratados para atender as necessidades de indústrias e na agricultura.

O reúso desse recurso natural pode ser feito através de outros usos dos recursos hídricos tais como: A diluição dos despejos nos cursos de água receptora usa de mananciais receptores para abastecimento, a navegação desportiva e comercial, a pesca recreativa e geração de energia elétrica (LEITE, 2003).

A Resolução N°. 54 de 28 de novembro de 2005 estabeleceu os critérios gerais para o reúso de água potável. No artigo 3º desta Lei são definidas cinco modalidades de reúso de água:

I reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;

V reúso na agricultura: utilização de água de reúso para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010 estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Considerando que o reúso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos.

O artigo 19 da Política Nacional dos Recursos Hídricos aborda sobre o instrumento de cobrança da água. Diante da escassez hídrica e aumento do preço na distribuição de água, o reúso constitui-se um incentivador para reduzir a vazão e captação tendo como consequência

a redução na cobrança por esse serviço, ou seja, quanto maior a demanda de reúso, menor será o desperdício de água potável conseqüentemente mais economia no orçamento familiar.

Para garantir a manutenção dos níveis de qualidade da água é preciso haver a efetivação do enquadramento, ou seja, cumprir medidas necessárias para manter a condição desse segmento em correspondência com a sua classe, obedecendo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005. O enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Segundo Brega (2002), a prática de reúso de água no meio agrícola, além de garantir a recarga do lençol freático, serve para fertirrigação de diversas culturas, bem como para fins de dessedentação de animais. A utilização de água proveniente de reúso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas cruas e cozidas), necessitando essas de um nível maior de qualidade.

3.3 Qualidade das águas e Legislação Ambiental

As alterações na qualidade da água dos ecossistemas podem ser causadas por processos naturais ou antropogênicos. Os fatores antrópicos estão ligados ao crescimento demográfico e lançamento de substâncias tóxicas através de efluentes domésticos e industriais. A modificação das condições naturais de um corpo d'água pode afetar a qualidade do ambiente para os organismos aquáticos, ou mesmo a saúde humana, por meio do consumo de águas contaminadas (LAMPARELLI, 2004).

O lançamento excessivo de nutrientes no ambiente aquático proveniente das atividades domésticas e industriais pode gerar um fenômeno chamado eutrofização, que tem como consequência a diminuição da diversidade de espécies aquáticas e modificação da biota dominante.

São vários os elementos que os homens despejam nos rios, causando com isso diversos problemas ambientais. A contaminação de um manancial dependerá da quantidade e do tipo de poluente lançado. No Brasil existe um conjunto de instrumentos legais e normativos que estabelece determinadas condições para a qualidade das águas como:

- Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997: Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: Política Nacional de Saneamento Básico;

- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com sua Resolução 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento;
- Resolução CONAMA N° 430 de 2011 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA;
- *Resolução CONAMA N° 274* estabelece os padrões de qualidade da água para balneabilidade;
- Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914 DE 12/12/2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3.4 Eutrofização dos corpos hídricos

A eutrofização das águas significa seu enriquecimento por nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas. Um dos principais impasses relacionados à eutrofização é a proliferação de cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas. Quando submetidas a determinadas condições ambientais muitos gêneros de cianobactérias podem produzir toxinas que chegam a ser fatais aos animais e aos seres humanos (CONLEY *et al.*, 2009).

Um grande agravante para esse processo é o lançamento de esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. Os principais efeitos indesejáveis da eutrofização são (ARCEIVALA, 1981; THOMANN E MUELLER, 1987; VON SPERLING, 1995):

- Frequentes florações das águas;
- Crescimento excessivo da vegetação;
- Distúrbios com mosquitos e insetos;
- Eventuais maus odores;
- Eventuais mortandades de peixes;

- O aumento da produtividade do corpo d'água causa uma elevação da concentração de bactérias heterotróficas, que se alimentam da matéria orgânica das algas e de outros microrganismos mortos, consumindo oxigênio dissolvido do meio líquido;
- Dependendo do grau de crescimento bacteriano, pode ocorrer, em períodos de mistura total da massa líquida (inversão térmica) ou de ausência de fotossíntese (período noturno), mortalidade de peixes e reintrodução dos compostos reduzidos em toda a massa líquida, com grande deterioração da qualidade da água;
- Maior dificuldade e elevação nos custos de tratamento da água. A presença excessiva de algas afeta substancialmente o tratamento da água captada no lago ou represa;
- Toxicidade das algas. Rejeição da água para abastecimento humano e animal em razão da presença de secreções tóxicas de certas algas;
- Redução na navegação e capacidade de transporte. O crescimento excessivo de macrófitas enraizadas interfere com a navegação, aeração e capacidade de transporte do corpo d'água;

3.5 Parâmetros de qualidade da água

O Potencial Hidrogeniônico (pH) avalia o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH é determinante à composição de espécies de um determinado local, pois influencia diretamente os processos de permeabilidade da membrana celular (CONLEY, 1999). De acordo com CETESB (2015), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais).

A temperatura tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor entre vários outros fatores. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e pressão de vapor aumentam (BRENDA, 2011).

A Condutividade elétrica indica a capacidade da água em conduzir corrente elétrica sendo que este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior for à quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica.

A Turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação (FUNANA, 2014). A turbidez elevada pode levar a redução da fotossíntese da vegetação aquática que por sua vez pode suprir a produtividade de peixes, influenciando nas comunidades biológicas aquáticas.

Os Sólidos totais dissolvidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CASTRO, 2013). As principais causas para o aumento da quantidade de sólidos na água são: o despejo de esgotos e o uso dos solos para a agricultura. Os esgotos domésticos não tratados podem contribuir com uma variação típica de 700 a 1.350 mg/L de sólidos totais (VON SPERLING, 1996).

O Oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro vital para os seres aquáticos aeróbicos, sendo que seu nível de disponibilidade na água vai depender do balanço entre a quantidade consumida por bactérias para oxidar a matéria orgânica e a quantidade produzida no próprio corpo de água através dos organismos fotossintéticos (LAUERMANN, 2007). As análises de OD são úteis para se verificar os níveis de poluição das águas e para controle dos processos de tratamento de esgotos (APHA *et al.*, 1999).

A decomposição de compostos orgânicos lançados na água consome oxigênio dos mesmos, através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos microrganismos, depurando assim a matéria orgânica (VALENTE *et al.* 1997). Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L (FUNASA, 2014). Quando a carga dos esgotos lançados nos corpos de água excede a capacidade de autodepuração, os mesmos ficam sem oxigênio, provocando a morte de peixes por asfixia (VERNIER, 1994).

O Fósforo Total é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L (FUNASA, 2014). A descarga de efluentes em corpos d'água, bem como o uso de fertilizantes e pesticidas, são fatores que proporcionam maiores níveis de fósforo nesses ambientes.

A Dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{+2} , Mg^{+2}) e, em menor escala, ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), estrôncio (Sr^{+2}) e alumínio (Al^{+3}). Águas de

elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica em um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions em altas temperaturas (FUNASA, 2014).

Os cloretos geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (FUNASA, 2014). Em determinadas concentrações pode conferir a água sabor salino e uma propriedade laxativa.

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: 1- nitrogênio molecular (N_2), 2 - nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), 3 - nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Águas com concentrações de nitratos predominantes indicam uma poluição remota, porque os nitratos são produtos finais da oxidação do nitrogênio. O nitrato está associado a doenças que afetam o sistema respiratório como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) (VON SPERLING, 1995).

Os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são utilizados para indicar a presença de matéria orgânica na água. A DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos micro-organismos, a DQO engloba, também, a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Em ambientes naturais não poluídos, a concentração de DBO é baixa (1 mg/L a 10 mg/L), podendo atingir valores bem mais elevados em corpos d'água sujeitos à poluição orgânica, em geral decorrente do recebimento de esgotos domésticos ou de criatórios de animais (FUNASA, 2014).

A Clorofila *a* é utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica, ou seja, um indicador do crescimento de algas e cianobactérias devido ao enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, fenômeno este denominado eutrofização. Esse pigmento é utilizado para indicar o estado trófico de ambientes aquáticos (CETESB, 2014).

As Cianobactérias em ambientes eutrofizados, isto é, ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre constituem o grupo fitoplanctônico dominante. Nessas condições podem causar florações que constituem problemas de saúde pública e provocam desequilíbrios ambientais significativos. Como muitas espécies de cianobactérias são tóxicas, seu controle em mananciais torna-se medida fundamental (FUNASA, 2014).

Os Coliformes Termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em

meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (CONAMA, 2005).

3.6 Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água utilizada na irrigação deve contemplar o conjunto de características físicas, químicas e biológicas. Segundo Almeida (2010), habitualmente os parâmetros que se analisa para essa finalidade são: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade elétrica, Totais de Sais Dissolvidos (TSD), Íons: sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺⁺), magnésio (Mg⁺⁺), cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄⁺⁺), carbonatos (CO₃⁻) e bicarbonato (HCO₃⁻). O quadro 1 apresenta os limites estabelecidos para águas de irrigação.

Quadro 1: Análises necessárias para avaliar a água para irrigação.

Parâmetro	Intervalo usual na água de irrigação
Salinidade	
Condutividade elétrica	0-3 dS m ⁻¹
Totais de Sais Dissolvidos	0-2.000 mg L ⁻¹
Cátions e ânions	
Cálcio	20 meq L ⁻¹
Magnésio	0-5 meq L ⁻¹
Sódio	0-40 meq L ⁻¹
Carbonatos	0-0,1 meq L ⁻¹
Bicarbonatos	0-10 meq L ⁻¹
Cloretos	0-30 meq L ⁻¹
Sulfatos	0-20 meq L ⁻¹
Nutrientes	
Nitrato	0-10 mg L ⁻¹
Amoníaco	0-5 mg L ⁻¹
Fosfato	0-2 mg L ⁻¹
Potássio	0-2 mg L ⁻¹

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1976) e Aragués et al (1979).

A condutividade elétrica da água é o parâmetro mais empregado para avaliar a salinidade de um meio aquoso. A salinidade diminui o potencial externo de água reduzindo a disponibilidade de água às culturas, que podem reduzir a produção em até 50 % (SANTANA *et al.*, 2007). Altos níveis de sais nas águas de irrigação, tanto são prejudiciais ao desenvolvimento das culturas como causam a obstrução dos sistemas de irrigação (GARCIA *et al.*, 2008).

A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais, mas, também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais.

Além dos parâmetros elencados no quadro 1, se faz necessário fazer o controle sanitário de águas utilizadas para irrigação. A identificação de bactérias patogênicas além de trazer riscos ao agricultor irrigante que mantém contato direto com a água, também propicia a contaminação de alimentos em especial aqueles consumidos na forma crua, quando irrigados com tais águas.

Águas contaminadas com essas bactérias podem causar doenças de veiculação hídrica como: Cólera, Giardíase, Amebíase, Hepatite A e B, Criptosporidiose, Disenteria bacilar (VON SPERLING,1995). A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento básico, principalmente em regiões de menor poder aquisitivo.

Como vantagem do reuso de água podemos citar: recuperação e economia de água, alto poder de fertilizante do efluente e formação de húmus. Em contrapartida existem desvantagens significativas que devem ser levadas em consideração como: Potencialidade de salinidade do solo por meio do elevado teor de sais contidos nessas águas, risco de contaminação por patógenos ao produtor, bem como ao consumidor.

Segundo Mancuso e Santos (2003), os poluentes mais comuns são: a) matéria orgânica que são responsáveis pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Pela demanda química de oxigênio (DQO) e pelos sólidos totais dissolvidos (STD); b) poluentes orgânicos, como agrotóxicos; c) poluentes inorgânicos, como metais pesados; d) macronutrientes, como nitrogênio e fósforo; e) micronutrientes patogênicos, como as bactérias, vírus e os parasitos; e f) os elementos que conferem a salinidade da água.

De acordo com Brandão (2002) o emprego de água residuárias na irrigação reduz os custos de fertilização das culturas, bem como o nível requerido de purificação do efluente e, conseqüentemente, os custos de seu tratamento, já que as águas residuárias contêm nutrientes necessárias ao solo e a diversas culturas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Tipo da pesquisa

A metodologia empregada do trabalho visa uma abordagem quali-quantitativa, de acordo com Minayo 1993, as relações sociais possam ser analisadas em seus aspectos mais concretos e aprofundadas em seus significados mais essenciais. Assim o estudo quantitativo pode gerar questões para serem analisadas qualitativamente.

A sistemática utilizada se baseia na pesquisa descritiva e exploratória, posto que o embasamento da dissertação busca: a observação, registros, análises, correlacionando os fatos e fenômenos, além de realizar descrições da situação e descobrir as relações existentes entre os elementos da pesquisa (CERVO, 2007).

A metodologia utilizada caracteriza-se por um trabalho de natureza aplicada, conforme aponta Prodanov & Freitas (2013) que afirma que pesquisa aplicada: objetiva gera conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Quanto aos fins esta pesquisa se caracteriza como explicativa, pois a mesma tem o objetivo de explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro e da interpretação dos fenômenos observados. (PRODANOV & FREITAS, 2013).

4.2 Área de estudo

O município de Campina Grande (figura 1) está situado na Mesorregião do Agreste Paraibano, na Zona Centro Oriental da Paraíba no Planalto da Borborema. Sua fundação se deu em 1º de dezembro de 1697. O município possui área de 594,182 km², densidade demográfica de 648,182 hab./km² e população estimada em 2015 de 405.075 (IBGE, 2015).

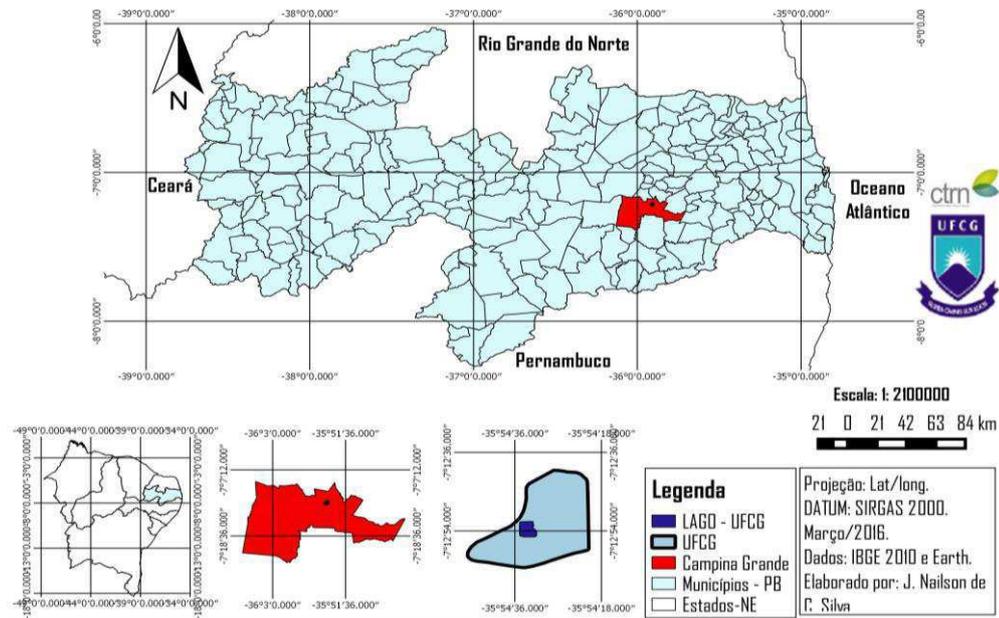


Figura 1: Localização geográfica de Campina Grande, UFCG e Lago Universitário.

O campus sede, localizado na cidade de Campina Grande-PB, com coordenadas $7^{\circ} 12'58.7''S$ e $35^{\circ} 54'35.7''W$, possui uma área física de 62,6 há. Esse campus possui duas lagoas que atualmente utilizam suas águas para irrigação das áreas verdes do campus. A recarga de água é realizada por meio da precipitação e drenagem de efluentes. Entre as lagoas foi construído um canal que canaliza diversos efluentes do campus para dentro da lagoa 2 conforme apresentado na figura 2.



Figura 2: Delimitação da área de estudo.

Fonte: Google Earth, 2016.

De acordo com a figura 2, o ponto 1 representa uma lagoa formada por efluentes advindos de bairros próximos a universidade como Monte Santos e Bela Vista, bem como efluentes do próprio campus e água de chuva. Esse corpo hídrico está localizado próximo ao campo de futebol e reitoria. Na saída do P1 foi construído um canal (P2) que canaliza essa água e demais efluentes provenientes das atividades do campus próximos para a lagoa 2. Esse segundo corpo hídrico está localizado em frente ao banco do Brasil e bloco CA.

A captação da água para irrigação do campus é realizado pelas duas lagoas (figuras 3 e 4) das 5h 30min as 7h 30min da manhã. A figura 5, representa o sistema de irrigação utilizado nas áreas verdes. Essa água não passa por nenhum tratamento antes de ser utilizada, ficando a comunidade acadêmica sujeita a riscos eminentes de contaminação por patógenos e doenças de veiculação hídrica.



Figura 3: Captação de água na lagoa 1.
Fonte: ANDRADE, 2016.



Figura 4: Captação de água na lagoa 2.
Fonte: ANDRADE, 2016.



Figura 5: Sistema de irrigação utilizado no campus.
Fonte: ANDRADE, 2016.

4.3 Procedimentos experimentais

O procedimento experimental se deu conforme o fluxograma (figura 6) descrito abaixo.

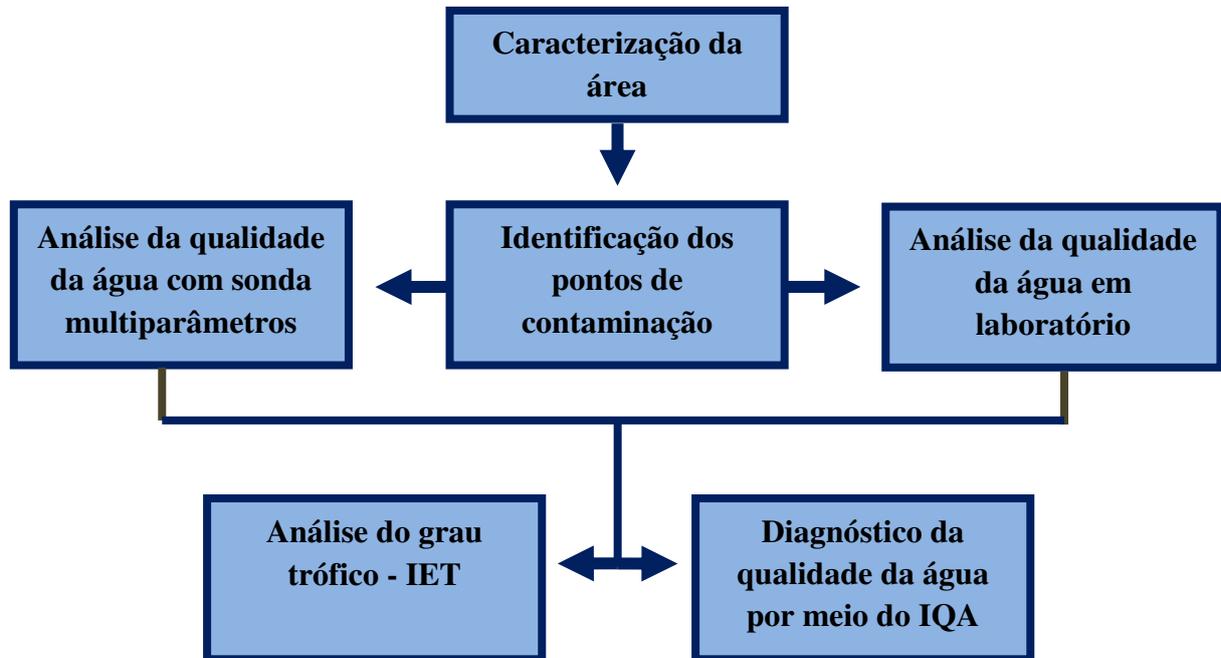


Figura 6: Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa.

Com base na figura 6, o desenvolvimento da pesquisa se deu a partir das seguintes etapas:

- Diagnóstico/caracterização da área de estudo e de sua microbacia;
- Visitas de campo para identificar os principais pontos de entrada de efluente nas águas superficiais;
- A partir do mapeamento desses pontos foram realizadas análises da qualidade da água nas lagoas e saída do canal, com auxílio de uma sonda multiparâmetros em intervalos de dois dias, a uma profundidade de 50 centímetros;
- Coleta de água quinzenalmente para análise de fósforo total, clorofila *a*, nitrato, DBO bem como microbiológicas do tipo Termotolerantes nos pontos comuns a sonda;

- Análise do grau de trofia das águas utilizadas para irrigação do campus, por meio da análise estatística do índice de estado trófico utilizando os dados de fósforo total e clorofila *a*;
- Diagnóstico da qualidade das águas utilizadas para irrigação do campus, por meio do Índice de Qualidade da Água, utilizando o software IQA Data, versão 2010.

4.4 Coleta dos dados

Para a análise da qualidade da água foi utilizada uma sonda multiparâmetros modelo DS5X de marca Hydrolab (figura 7) acoplada a uma bóia (figura 8). A sonda foi programada para realizar as leituras dos parâmetros a cada um minuto, de modo que os dados foram armazenados em um computador gerando um banco de dados. Esse monitoramento se deu em função das fases sazonais do ano, no período de março a outubro de 2016.



Figura 7: Sonda DS5X e protetor de sensores.
Fonte: ANDRADE, 2016.

O equipamento utilizado foi disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) para fins de pesquisa ao Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) em 2015. A manutenção dos sensores era realizada quinzenalmente, ou em detrimento das incrustações provenientes dos sais e demais resíduos que se acumulavam na estrutura dos mesmos. Para a higienização dos sensores foi utilizado apenas água deionizada e esponja sintética.



Figura 8: Sonda multiparâmetros acoplada a boi náutica.

A sonda DS5X possui sete sensores de leitura, figura 9 (A e B):

- Temperatura;
- Condutividade elétrica;
- Sólidos Totais Dissolvidos (STD);
- pH;
- Turbidez;
- Oxigênio dissolvido;
- Profundidade;

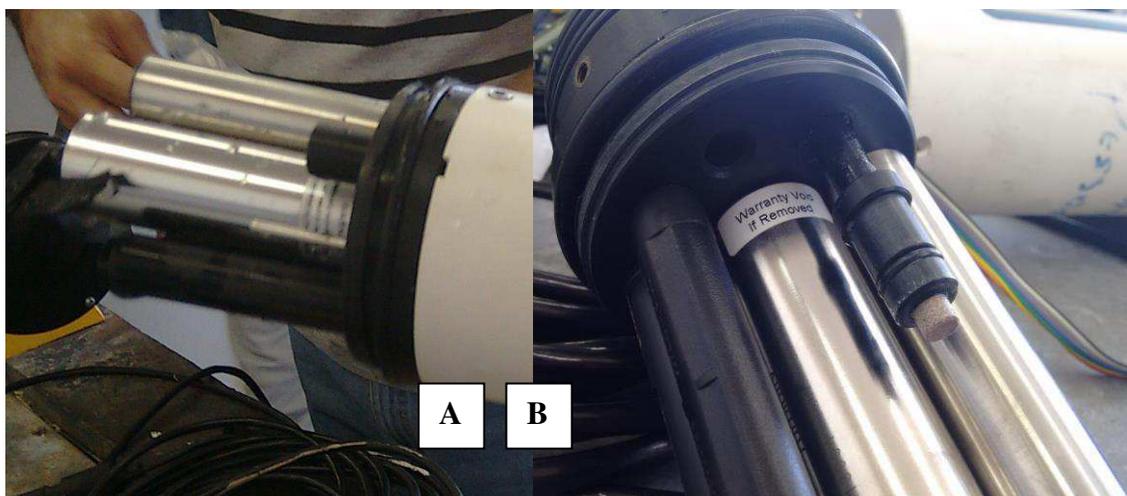


Figura 9: Sensores de leitura da sonda DS5X.
Fonte: ANDRADE, 2016.

Além da leitura desses parâmetros foram realizadas coletas de água para análise de fósforo total, nitrato, DBO e clorofila *a*, e bactérias termotolerantes uma vez que a sonda não possui sensores para esses parâmetros. As coletas foram realizadas nos seguintes pontos: lagoa 1 (P1) e saída do canal (P2), e na lagoa 2 (P3) em pontos previamente estabelecidos. As figuras 10 e 11 ilustram os pontos de coleta de água em P1 e P2.



Figura 10: Ponto de coleta em P1.
Fonte: ANDRADE, 2016.



Figura 11: Ponto de coleta em P2.
Fonte: ANDRADE, 2016.

As coletas de água na lagoa 2 foram realizadas em 4 pontos: um próximo a saída de um quiosque de lanche (P3.1), outro próximo a uma árvore onde diversas aves pousam e depositam seus dejetos na água (P3.2), um próximo ao sangradouro (P3.3) e no meio da lagoa (P3.4) conforme ilustrado na figura 12. Os pontos de coleta estão georreferenciados no quadro 2.



Figura 12: Ponto de coleta de água na lagoa.
Fonte: ANDRADE, 2016.

Quadro 2: Pontos georreferenciados dos pontos de coleta de água.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
Ponto 1	7°12'56.88''S	35°54'28.43''O
Ponto 2	7°12'54.52''S	35°54'31.27''O
Ponto 3.1	7°12'53.67''S	35°54'32.62''O
Ponto 3.2	7°12'53.68''S	35°54'33.13''O
Ponto 3.3	7°12'53.03''S	35°54'34.52''O
Ponto 3.4	7°12'53.33''S	35°54'33.95''O

Fonte: Google Earth, 2016.

Esses parâmetros foram analisados para diagnosticar estatisticamente a qualidade dessas águas por meio do Índice de Qualidade de Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET). As coletas dessas águas foram destinadas para as dependências do Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) localizado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

4.5 Análises bacteriológicas

As análises bacteriológicas seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1999). O quadro 3 apresenta o tipo de análise, bem como o método usado no procedimento.

Quadro 3: Metodologia utilizada para análise bacteriológica.

Análises Bacteriológicas	
Tipo de análise	Método utilizado
Termotolerante	Tubos múltiplos

Fonte: APHA, 1999.

A coleta dessas amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos esterilizados. Esse material foi transportado em caixa de isopor com gelo para as dependências do LABDES, para proceder às técnicas de análises bacteriológicas da água. Cada amostra foi analisada em triplicata e seus resultados são apresentados em forma de média geométrica.

A análise microbiológica foi realizada através da técnica de tubos múltiplos (figura 13) que determina o número mais provável (NMP) de coliformes por mL de amostra de água, segundo a Apha (1999). O número mais provável de coliformes foi obtido através da tabela de McGRADY, em que são dados os limites de confiança de 95% para cada valor de NMP determinado.



Figura 13: Análise bacteriológica pelo método de tubos múltiplos.
Fonte: ANDRADE, 2016.

A análise desse parâmetro indica o grau de contaminação fecal existente na água, por meio de indicadores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água assegurando seus usos prioritários. A determinação desse parâmetro funciona como indicador de organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças através de águas contaminadas.

4.6 Análise da qualidade da água utilizada para irrigação

Para analisar a qualidade da água foi desenvolvida uma matriz de comparação com os resultados obtidos e os limites estabelecidos pela legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005) a fim de avaliar a qualidade ambiental dos locais amostrados.

O Índice do Estado Trófico desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB (2014), é bastante utilizado no Brasil para classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

O Índice de Estado Trófico (IET) auxilia na visualização geral grau de trofia (nutrição) e seu efeito na qualidade da água. O IET foi determinado com os resultados de clorofila *a* (CL) e fósforo total (PT), seguindo o método descrito por Alves et al. (2012). As Equações 1, 2 e 3 foram utilizadas para a determinação do IET.

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{IET} = \text{IET(PT)} + \text{IET(CL)} / 2 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total medida à superfície da água ($\mu\text{g.L}^{-1} = \text{mg/m}^3$).

CL = concentração de clorofila *a* medida à superfície da água ($\mu\text{g.L}^{-1} = \text{mg/m}^3$).

ln = logaritmo natural (neperiano).

A classificação do ambiente aquático quanto ao IET é dada em seis graus de trofia conforme apresentados no quadro 4.

Quadro 4: Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson modificado.

Critérios	Estado trófico
$\text{IET} \leq 47$	Ultraoligotrófico
$47 < \text{IET} \leq 52$	Oligotrófico
$52 < \text{IET} \leq 59$	Mesotrófico
$59 < \text{IET} \leq 63$	Eutrófico
$63 < \text{IET} \leq 67$	Supereutrófico
$\text{IET} > 67$	Hipereutrófico

Fonte: ANA, 2015.

O índice de qualidade da água (IQA) mais conhecido pela comunidade científica foi o desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, com base numa pesquisa de opinião desenvolvida por Brown *et al.* (1970), junto a 142 especialistas.

No desenvolvimento deste estudo, cada especialista indicou as variáveis que julgava relevantes para a determinação da qualidade da água, e determinou para cada variável um peso relativo, entre 0 e 1, proporcional à sua importância. Ao todo, foram propostas inicialmente 35 variáveis, contudo, somente o oxigênio dissolvido, coliformes fecais (termotolerantes), pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos (Quadro 5) foram consideradas mais representativas. Para cada parâmetro foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota q, pontuada de a 100 (NSF, 2007).

Quadro 5: Variáveis e respectivos pesos adotados no modelo de IQA da NSF.

Variáveis	Unidade de medida	Pesos (wi)
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	0,16
Demanda bioquímica de oxigênio	mgL ⁻¹ , O ₂	0,11
Fosfato total	mgL ⁻¹ , PO ₄ ³⁻	0,10
Nitratos	mgL ⁻¹ , NO ₃ ⁻	0,10
Oxigênio dissolvido	% Saturação	0,17
Ph	-	0,11
Sólidos totais dissolvidos	mgL ⁻¹	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	uT ou NTU	0,08

Fonte: NSF, 2007.

Desta forma, o valor de IQA é determinado como o produtório ponderado da qualidade da água das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso, conforme pode ser observado na equação 1. Por fim, a interpretação do valor de IQA se dá por faixas de qualidade, conforme a quadro 5 (NSF, 2007).

$$\text{Equação 1: } IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde: IQA - índice de qualidade da água (0 a 100); q_i - qualidade da variável i obtido através da curva média específica de qualidade (0 a 100); n - números de variáveis utilizadas; w_i - peso atribuído a cada variável, em função de sua importância na qualidade da água (0 a 1). A qualidade da água será em função do valor de IQA obtido conforme apresentado no quadro 6.

Quadro 6: Níveis de qualidade da água para o IQA.

Níveis do IQA	Classificação	Cores
IQA < 25	Péssima	
26 < IQA < 50	Ruim	
51 < IQA < 70	Regular	
71 < IQA < 90	Bom	
91 < IQA ≤ 100)	Ótima	

Fonte: ANA, 2015

A correlação linear de Pearson foi realizada para evidenciar a proporcionalidade entre a qualidade da água dos três pontos de coleta, a fim de investigar a relação entre elas. Para verificar o efeito das fontes de variação (pontos de coleta) sobre os parâmetros de qualidade da água utilizou-se a análise de variância (ANOVA) de uma Via (*One Way Anova*) considerando o nível de significância de 5%. Os testes foram realizados por meio do programa computacional Microsoft Excel 2011, de modo que a variância é significativa quando $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas leituras realizadas pela sonda multiparâmetros, bem como as análises laboratoriais, este capítulo apresenta os resultados obtidos no decorrer da pesquisa.

5.1 Temperatura

A temperatura da água variou entre 22,4 e 26,5°C, de modo que a média durante o período de estudo foi de 24,3 °C, conforme apresentado na tabela 1. Temperaturas abaixo de 18 °C e acima de 24 °C podem afetar a absorção de nutriente, assim como a temperatura máxima não deve ultrapassar aos 30 °C (Melo *et al.*, 2009).

Tabela 1: Variação de temperatura da água nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	26.50 °C	26.80 °C	26.70 °C	87,7 mm
Abril	25.60 °C	25.30 °C	26.10 °C	101,8 mm
Mai	24.50 °C	25.60 °C	24.80 °C	79,1 mm
Junho	24.10 °C	24.40 °C	24.20 °C	25,8 mm
Julho	24.80 °C	24.50 °C	24.90 °C	17,4 mm
Agosto	22.40 °C	22.90 °C	22.80 °C	8,6 mm
Setembro	22.60 °C	22.70 °C	22.90 °C	12,9 mm
Outubro	22.40 °C	22.90 °C	22.80 °C	3,2 mm
Média	24.30 °C	24.45 °C	24.50 °C	21,6 mm
Desvio padrão	1.54	1.48	1.511	39,53
Valor máximo	26.50 °C	26.80 °C	26.70 °C	101,8 mm
Valor mínimo	22.40 °C	22.70 °C	22.80 °C	3,2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A ANOVA não apresenta variação significativa de temperatura, ($p=7,38$). Esse resultado está ligado diretamente as condições climáticas de baixa precipitação e altas temperaturas durante o ano de 2016.

A correlação de Person entre os três pontos foi positiva com $r=0,95$ entre P2 e lagoa, e $r=0,99$ entre P1 e lagoa. A variação da temperatura dentro dos sistemas aquáticos é de suma importancia uma vez que esse parâmetro influencia diretamente nas condições físico-químicas e biológicas da água, como alteração do pH, concentração de oxigenio dissolvido e proliferação de microalgas ou cianobactérias que por sua vez elevam a turbidez da água.

Segundo Batista (2011) a temperatura é uma variável física de grande importância na produtividade da biomassa algal, que dentre os fatores decisivos, é principal limitante de muitas dessas espécies.

5.2 Potencial hidrogeniônico

O pH é um importante fator na avaliação da conveniência de uma água para irrigação, pois caracteriza o grau de acidez ou de alcalinidade da água ou do solo. O maior valor de pH na lagoa (tabela 2) ocorreu no mês de outubro (9,15), ultrapassando o valor máximo permitido (6 a 9) pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005.

Os pontos 1 (P1) 2 (P2) apresentaram pH dentro do exigido pela Resolução CONAMA, bem como pelos critérios estabelecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), sendo que a proteção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (ANA, 2013). Estudo realizado por Almeida 2016 encontrou pH ideal (7,7) para água que irriga o parque da Criança em Campina Grande-PB.

Tabela 2: Variação de pH nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	6.99	7.33	7.34	82.7 mm
Abril	6.99	7.33	7.34	101.8 mm
Mai	7.02	7.28	7.47	79.1 mm
Junho	7.32	7.86	7.99	25.8 mm
Julho	7.76	8.39	8.7	17.4 mm
Agosto	8	8.73	8.86	8.6 mm
Setembro	7.92	8.09	8.68	12.9 mm
Outubro	7.9	8.9	9.15	3.2 mm
Média	7.54	7.975	8.335	21.6 mm
Desvio padrão	0.45	0.64	0.74	39.53
Valor máximo	8	8.9	9.15	101.8 mm
Valor mínimo	6.99	7.28	7.34	3.2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A variação de pH não foi significativa entre os pontos de coleta, uma vez que a NOVA apresenta $p=0,09$. Podemos notar que há elevação desse parâmetro ao longo dos meses, fato esse que se intensifica nos meses de menor precipitação como agosto e outubro.

O coeficiente de correlação de Pearson (r), apresenta uma forte correlação entre P2 e a lagoa ($r=0,97$). Dessa forma podemos confirmar a influência do efluente lançado pelo P2 na

alteração do pH da lagoa. A qualidade desse efluente se encontra dentro do estabelecido pela Portaria CONAMA nº 430 de 2011, que recomenda valores de pH entre 5 a 9.

As florações de algas ou macrófitas no ambiente aquático podem aumentar a acidez ou alcalinidade da água. Se há aumento da fotossíntese, o pH tende a aumentar, pois há consumo de CO₂ no processo (MAGALY, 2014), como observado nos meses de julho a outubro. Valores de pH alcalino foram registradas em reservatórios eutróficos no nordeste Brasil como nos estudos realizados por OLIVEIRA *et al.*, 2014 e OLIVEIRA *et al.*, 2015.

O pH ideal para águas de irrigação situa-se entre 6,5 e 8,4, fora desta faixa é um indicador de anormalidade na qualidade da água ou de presença de íons tóxicos, podendo incidir negativamente na população microbiana do solo e danos ao sistema radicular. De acordo com os resultados apresentados nesse estudo a água da lagoa não poderia ser utilizada entre os meses de julho a outubro, uma vez que estão fora da faixa estabelecida por Almeida (2010).

5.3 Condutividade elétrica

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 não estabelece valores para limite para esse parâmetro. De acordo com Ayers e Westcot (1976), as águas que apresentam condutividade elétrica menor que 700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ podem ser utilizadas para irrigação sem nenhuma restrição de uso. As análises realizadas na lagoa apresentam valores acima do estabelecido pelos autores (tabela 3) apresentando valor mínimo de 1706 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e máximo de 2685 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Almeida 2016 encontrou concentração de 1024,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em estudo realizado no Açude Velho em Campina Grande-PB.

Esse valor elevado se deu no mês de outubro devido principalmente a baixa precipitação, uma vez que de acordo com Vanzella (2004) quando ocorre redução do volume de água no manancial, a concentração de sais dissolvidos aumenta, influenciando na condutividade elétrica. Valores elevados podem indicar eutrofização, possivelmente devido à decomposição da matéria orgânica que liberam grande quantidade de íons no corpo de água (OLIVEIRA *et al.* 2015).

Outro fator determinante para esse resultado é a temperatura conforme descrito por Feitosa e Filho (2000). Segundo esses autores a condutividade elétrica tende a aumentar por diversos fatores, dentre eles, elevação da temperatura e maior concentração de íons dissolvidos.

Tabela 3: Variação de condutividade elétrica nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	2407 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2279 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2191 $\mu\text{S cm}^{-1}$	82.7 mm
Abril	1061 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1261 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2279 $\mu\text{S cm}^{-1}$	101.8 mm
Maio	1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1823 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2111 $\mu\text{S cm}^{-1}$	79.1 mm
Junho	2146 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1915 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1706 $\mu\text{S cm}^{-1}$	25.8 mm
Julho	2469 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1945 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1988 $\mu\text{S cm}^{-1}$	17.4 mm
Agosto	2590 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1741.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2280 $\mu\text{S cm}^{-1}$	8.6 mm
Setembro	2359 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2192 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2147 $\mu\text{S cm}^{-1}$	12.9 mm
Outubro	2354 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2542 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2685 $\mu\text{S cm}^{-1}$	3.2 mm
Média	2356.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1930 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2169 $\mu\text{S cm}^{-1}$	21.6 mm
Desvio padrão	575.76	387.59	278.25	39.53
Valor máximo	2590 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2542 $\mu\text{S cm}^{-1}$	2685 $\mu\text{S cm}^{-1}$	101.8 mm
Valor mínimo	1061 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1261 $\mu\text{S cm}^{-1}$	1706 $\mu\text{S cm}^{-1}$	3.2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A variação de condutividade elétrica não foi significativa uma vez que a NOVA apresenta $p=0,48$, de modo que a correlação entre P1 e lagoa é baixa ($r=0,027$), assim como a correlação entre P2 e a lagoa com $r=0,23$. Podemos notar que há uma elevação no valor de condutividade elétrica nos meses de baixa precipitação principalmente nos meses de agosto a outubro. Valores elevados de condutividade elétrica também podem indicar características corrosivas da água.

A determinação da condutividade elétrica das águas empregadas na irrigação tem grande importância, principalmente no caso das águas residuárias que podem conter altas concentrações de sais. A falta de controle da salinidade das águas pode acarretar problemas como a queda de produtividade e degradação das áreas irrigadas. A água de P1 é utilizada para irrigação de mudas (figuras 14) como ipê, cedro e jatobá, de modo que mais de 500 pés de ipê foram plantadas em toda UFCG.



Figura 14: Mudanças de ipê irrigadas com água do P1.
Fonte: ANDRADE, 2016.

Almeida (2010) relata que se este parâmetro for elevado pode provocar alterações na concentração de sais no solo, o que prejudica o desenvolvimento das hortaliças, e conseqüentemente a produtividade. A água utilizada para irrigação do jardim na UFCG proveniente do P1 e da lagoa pode provocar alterações na qualidade do solo e no desenvolvimento das culturas plantadas. De acordo com Santana *et al.* (2007), águas contendo concentrações elevadas de sais acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando sua escassez.

5.4 Sólidos totais dissolvidos

O total de Sólidos Dissolvidos (TSD), assim como a condutividade elétrica fornece uma medida quantitativa do total de sais dissolvidos na água de irrigação. A resolução CONAMA nº 357/2005, estipula um valor máximo de 500 mg L⁻¹, dessa forma todos os valores descritos na tabela 4, estão fora dos padrões exigidos. Segundo Andrade (2008), a irrigação com águas de elevado teor de sólidos totais dissolvidos pode provocar alterações na capacidade de infiltração do solo e de germinação devido a formação de uma crosta na superfície.

A Lagoa e P2 tem correção forte positiva ($r=0,93$), ou seja, o STD do efluente proveniente do canal está elevando o STD da lagoa, uma vez que essa correlação é maior do que lagoa com P1 ($r=0,65$). A variação de STD não foi significativa, uma vez que a NOVA

apresenta $p=0,057$, havendo um aumento nos três últimos meses em decorrência do baixo volume de precipitação na lagoa.

Tabela 4: Variação de sólidos totais dissolvidos nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa 2	Pluviometria
Março	1500 mg L ⁻¹	1500 mg L ⁻¹	1400 mg L ⁻¹	82.7 mm
Abril	700 mg L ⁻¹	800 mg L ⁻¹	800 mg L ⁻¹	101.8 mm
Maio	800 mg L ⁻¹	1200 mg L ⁻¹	1400 mg L ⁻¹	79.1 mm
Junho	1172 mg L ⁻¹	1110 mg L ⁻¹	1010 mg L ⁻¹	25.8 mm
Julho	1540 mg L ⁻¹	1490 mg L ⁻¹	1360 mg L ⁻¹	17.4 mm
Agosto	1500 mg L ⁻¹	1350 mg L ⁻¹	1500 mg L ⁻¹	8.6 mm
Setembro	1540 mg L ⁻¹	1400 mg L ⁻¹	1400 mg L ⁻¹	12.9 mm
Outubro	1500 mg L ⁻¹	1700 mg L ⁻¹	1790 mg L ⁻¹	3.2 mm
Média	1500 mg L ⁻¹	1375 mg L ⁻¹	1400 mg L ⁻¹	21.6 mm
Desvio padrão	350.27	278.23	302.21	39.53
Valor máximo	1540 mg L ⁻¹	1700 mg L ⁻¹	1790 mg L ⁻¹	101.8 mm
Valor mínimo	700 mg L ⁻¹	800 mg L ⁻¹	800 mg L ⁻¹	3.2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

O menor valor de STD na lagoa foi 800 mg L⁻¹ no mês de abril, esse valor está diretamente relacionado a maior precipitação ocorrida durante o ano de 2016. Podemos observar também que o STD do P1 no mesmo mês apresenta valor ainda menor, 700 mg L⁻¹, ou seja a quantidade de sais proveniente da lagoa está sendo influenciada pela entrada dos efluentes advindos dos pontos adjacentes que se encontram no P2 e deságuam na lagoa. ALMEIDA 2016, encontrou valor de STD igual a 840,6 mg/L⁻¹ na água do Açude Velho utilizada para irrigação em Campina Grande-PB.

Altas concentrações de STD podem afetar a qualidade da água, pois aumenta a turbidez e diminui a saturação de oxigênio dissolvido, prejudicando atividades fotossintéticas que são importantes para a não degradação dos corpos hídricos, assim como podem comprometer a vida útil dos sistemas de irrigação (DUARTE *et al*, 2008).

5.5 Oxigênio dissolvido

A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valor não inferior a 5,0 mg/L, sendo assim apenas os meses de março e maio apresentaram valores dentro do recomendado no ponto 1. O mês de março também apresentou concentrações de OD superior ao estabelecido no P2 e na lagoa conforme descrito na tabela 5.

Tabela 5: Variação do oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	5.72 mg L ⁻¹	6.31 mg L ⁻¹	7.55 mg L ⁻¹	82.7 mm
Abril	0.9 mg L ⁻¹	0.95 mg L ⁻¹	0.93 mg L ⁻¹	101.8 mm
Maio	5.65 mg L ⁻¹	4.6 mg L ⁻¹	5.4 mg L ⁻¹	79.1 mm
Junho	0.8 mg L ⁻¹	1.6 mg L ⁻¹	3 mg L ⁻¹	25.8 mm
Julho	2.7 mg L ⁻¹	4.2 mg L ⁻¹	2 mg L ⁻¹	17.4 mm
Agosto	4.3 mg L ⁻¹	3.5 mg L ⁻¹	2.4 mg L ⁻¹	8.6 mm
Setembro	5 mg L ⁻¹	4.2 mg L ⁻¹	2.8 mg L ⁻¹	12.9 mm
Outubro	3.5 mg L ⁻¹	1.8 mg L ⁻¹	1.4 mg L ⁻¹	3.2 mm
Média	3.9 mg L ⁻¹	3.85 mg L ⁻¹	2.6 mg L ⁻¹	21.6 mm
Desvio padrão	1.96	1.81	2.21	39.53
Valor máximo	5.72 mg L ⁻¹	6.31 mg L ⁻¹	7.55 mg L ⁻¹	101.8 mm
Valor mínimo	0.8 mg L ⁻¹	0.95 mg L ⁻¹	0.93 mg L ⁻¹	3.2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

As variações de oxigênio dissolvido (OD) não foram significantes uma vez que a NOVA apresenta $p=0,92$ entre os três pontos de coleta. Isso significativa que as variações de OD entre os três pontos não sofrem grandes alterações, devido o consumo desse oxigênio por decomposição da matéria orgânica ou respiração realizada por microrganismos.

A correlação entre o OD da lagoa e P1 é média e positiva ($r=0,67$), já a correlação entre o OD da lagoa e P2 é forte positiva ($r=0,80$). Ou seja, o efluente proveniente do P2 tem uma forte relação no aumento ou diminuição do OD da lagoa. O intenso lançamento de efluentes é o principal responsável pela degradação do oxigênio dissolvido nesse meio aquático.

No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade, onde chegam a se formar crostas verdes de algas à superfície (CETESB, 2009).

5.6 Turbidez

A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o valor de 100 UNT, de modo que os resultados apresentados na tabela 6 se encontram dentro do estabelecido para águas tipo 2, 3 e 4. Dessa forma esse parâmetro isoladamente não acarretaria danos para irrigação, porém valores elevados podem estar associados à presença de partículas suspensas ou a proliferação

de microrganismos como algas e cianobactérias que elevam a turbidez devido o aumento da clorofila *a* durante o processo de fotossíntese.

Tabela 6: Variação de turbidez da água nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	41.35 NTU	23.5 NTU	49.5 NTU	82.7 mm
Abril	57.3 NTU	18.9 NTU	74 NTU	101.8 mm
Maio	39.45 NTU	21 NTU	41 NTU	79.1 mm
Junho	26 NTU	25 NTU	26.7 NTU	25.8 mm
Julho	49.9 NTU	50.5 NTU	72.6 NTU	17.4 mm
Agosto	39.8 NTU	40.8 NTU	60.2 NTU	8.6 mm
Setembro	54 NTU	59.6 NTU	70.9 NTU	12.9 mm
Outubro	56.9 NTU	51.5 NTU	42.5 NTU	3.2 mm
Média	45.62 NTU	32.9 NTU	54.85 NTU	21.6 mm
Desvio padrão	10.87	16.14	17.45	39.53
Valor máximo	57.3 NTU	59.6 NTU	74 NTU	101.8 mm
Valor mínimo	26 NTU	18.9 NTU	26.7 NTU	3.2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A correlação da turbidez em função dos pontos de coleta obteve um comportamento, média positiva entre a lagoa com P1 ($r=0,69$), e fraca positiva entre a lagoa com P2 ($r=0,36$). A ANOVA não apresenta variação significativa entre a turbidez dos três pontos de coleta com $p=0,07$.

A turbidez elevada da água pode diminuir a penetração de luz e impedir a fotossíntese. Segundo Lopes (2010), em períodos chuvosos, a quantidade de material suspenso aumenta acentuadamente a turbidez, o mês de abril apresentou os maiores valores desse parâmetro tanto para a lagoa como para P2. Esse resultado está relacionado à movimentação do sedimento em locais rasos como a zona litorânea, erosão das margens por falta de vegetação ripária, folhagens e galhos de árvores que são levados para dentro do corpo hídrico por ação dos ventos e da correnteza.

No entanto, vale destacar o valor considerável de 70,9 NTU no mês de setembro mesmo com o período de estiagem severa. Esse resultado se dá em decorrência do efluente lançado na lagoa proveniente de P2, contendo grande quantidade de partículas suspensas. Outro fator culminante foi o elevado valor de clorofila *a* (501.95 mg/L), proporcionando assim a elevação da turbidez devido a coloração verde da água.

5.7 Nitrato

A legislação estabelece valor máximo para corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2, e 3 é de até 10,0 mg/L, sendo que serão enquadrados como Classe 4 os corpos hídricos com valores mais elevados. Conforme apresentado na tabela 7, os resultados da lagoa, de P1 e P2 estão abaixo do estabelecido.

Tabela 7: Variações de nitrato nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	2.1 mg L ⁻¹	2.75 mg L ⁻¹	2.85 mg L ⁻¹	82,7 mm
Abril	1.5 mg L ⁻¹	1.9 mg L ⁻¹	1.6 mg L ⁻¹	101,8 mm
Mai	0.73 mg L ⁻¹	0.68 mg L ⁻¹	1.43 mg L ⁻¹	79,1 mm
Junho	0.48 mg L ⁻¹	3.02 mg L ⁻¹	2.14 mg L ⁻¹	25,8 mm
Julho	0.92 mg L ⁻¹	5.46 mg L ⁻¹	5.31 mg L ⁻¹	17,4 mm
Agosto	0.35 mg L ⁻¹	0.9 mg L ⁻¹	1.06 mg L ⁻¹	8,6 mm
Setembro	0.46 mg L ⁻¹	1.2 mg L ⁻¹	1.9 mg L ⁻¹	12,9 mm
Outubro	0.26 mg L ⁻¹	0.86 mg L ⁻¹	1.1 mg L ⁻¹	3,2 mm
Média	0.605 mg L ⁻¹	1.55 mg L ⁻¹	1.75 mg L ⁻¹	21,6 mm
Desvio padrão	0.60	1.52	1.31	39,53
Valor máximo	2.1 mg L ⁻¹	5.46 mg L ⁻¹	5.31 mg L ⁻¹	101,8 mm
Valor mínimo	0.26 mg L ⁻¹	0.68 mg L ⁻¹	1.06 mg L ⁻¹	3,2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

As altas concentrações obtidas em períodos secos na lagoa, especialmente em julho podem ser associadas ao constante processo de degradação de matéria orgânica proveniente dos despejos sanitários provenientes da entrada de efluentes advindos de P2, e das demais fontes de poluição adjacentes.

De acordo com Ayers & Westcot (1976) o valor máximo de nitrato em água para irrigação não deve ultrapassar 10,0 mg/L, sendo assim as águas da lagoa e de P1 estão em conformidade para irrigação das áreas verdes do campus no que concerne esse parâmetro. ALMEIDA 2016, em seu estudo apresentou resultado de nitrato igual 0,5 mg/L com água do açude Velho em Campina Grande-PB.

A variação das médias entre os três pontos não foi significativa, uma vez que a ANOVA apresentou $p=0,093$. Por sua vez a correlação entre P1 e lagoa foi fraca ($r=0,33$) e forte entre P2 e lagoa ($r=0,94$). Dessa forma a entrada de efluente de P2 está influenciando na qualidade da água da lagoa variando as concentrações de nitrato. Em lagos, concentrações de nitrato acima de 0,2 mg/L de nitrato tendem a estimular o crescimento algal e indicam

possíveis condições eutróficas, (UNESCO/WHO/UNEP, 1996). Essa citação confirma os resultados do IET presentes na tabela 10, uma vez que os valores de nitrato se encontram acima de 0,2 mg/L.

5.8 DBO

A Resolução CONAMA n° 357/2005 enquadra os corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2 e 3 os valores de DBO, não devem ser superiores a 3 mg/L, 5 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Sendo assim a água da lagoa, de P2 e P1, conforme apresentados na tabela 8, não podem se enquadradas em nenhuma dessas classes, exceto P1 no mês de maio que foi enquadrado como classe 3, os demais resultados classificam essas águas como classe 4.

Tabela 8: Variação de Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	15 mg L ⁻¹	17 mg L ⁻¹	22 mg L ⁻¹	82,7 mm
Abril	31 mg L ⁻¹	55 mg L ⁻¹	75 mg L ⁻¹	101,8 mm
Maio	6.7 mg L ⁻¹	8.5 mg L ⁻¹	17 mg L ⁻¹	79,1 mm
Junho	34.5 mg L ⁻¹	51.5 mg L ⁻¹	50 mg L ⁻¹	25,8 mm
Julho	15.5 mg L ⁻¹	31.5 mg L ⁻¹	66.7 mg L ⁻¹	17,4 mm
Agosto	38.5 mg L ⁻¹	39 mg L ⁻¹	58.5 mg L ⁻¹	8,6 mm
Setembro	35 mg L ⁻¹	41 mg L ⁻¹	60.5 mg L ⁻¹	12,9 mm
Outubro	20.5 mg L ⁻¹	29.5 mg L ⁻¹	41.5 mg L ⁻¹	3,2 mm
Média	25.75 mg L ⁻¹	35.25 mg L ⁻¹	54.25 mg L ⁻¹	21,6 mm
Desvio padrão	10.91	14.94	19.51	39,53
Valor máximo	38.5 mg L ⁻¹	55 mg L ⁻¹	75 mg L ⁻¹	101,8 mm
Valor mínimo	6.7 mg L ⁻¹	8.5 mg L ⁻¹	17 mg L ⁻¹	3,2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A análise de variância foi significativa entre os três pontos de coleta com $p=0,025$, de modo que a correlação entre P1 e P2 foi fraca ($r=0,3$) e forte entre P2 e a lagoa ($r=0,95$). Isso significa que a matéria orgânica eliminada pelo canal (P2) está influenciando efetivamente a degradação da qualidade da água da lagoa. A Resolução CONAMA n° 430 recomenda valor máximo de lançamento de efluente 120 mg/L em corpos de água, sendo assim o efluente proveniente de P2 se enquadra dentro do estabelecido.

O aumento da DBO nos corpos de água pode ser decorrente de despejos de esgoto, provocando um aumento no teor de matéria orgânica, tendo como consequência a diminuição do oxigênio dissolvido por oxidação, o que causa a morte de animais; além de alterar tanto o

cheiro quanto o sabor da água (CETESB, 2009). Evidências como essas foram registradas no decorrer da pesquisa como nos meses de junho a outubro quando a média de OD foi de 2,4 mg/L, além do mau cheiro provocado pela decomposição da matéria orgânica principalmente nos meses de menor incidência de chuva como em outubro.

5.9 Coliformes termotolerantes

O número de coliformes em P1 variou de 3.30E+03 a 6.50E+05 NMP (tabela 9), a Resolução nº 357 do CONAMA estabelece valor máximo de 1.00E+03 NMP para irrigação de parques públicos e jardins. Sendo assim, a utilização dessa água para irrigação do campo de futebol e das áreas verdes, possibilita risco de contaminação por meio de parasitas, bactérias e vírus proveniente dessas águas não tratadas.

Tabela 9: Variação de coliformes termotolerantes nos pontos de coleta.

Meses	P1	P2	Lagoa	Pluviometria
Março	2.45E+05 NMP	5.09E+05 NMP	3.61E+05 NMP	82,7 mm
Abril	3.30E+03 NMP	1.70E+04 NMP	7.00E+04 NMP	101,8 mm
Maio	6.50E+05 NMP	7.50E+05 NMP	2.85E+05 NMP	79,1 mm
Junho	1.75E+04 NMP	3.70E+04 NMP	1.05E+05 NMP	25,8 mm
Julho	1.40E+05 NMP	6.60E+05 NMP	2.15E+05 NMP	17,4 mm
Agosto	1.45E+05 NMP	2.35E+06 NMP	8.00E+05 NMP	8,6 mm
Setembro	1.45E+05 NMP	2.35E+06 NMP	8.00E+05 NMP	12,9 mm
Outubro	3.70E+05 NMP	7.75E+06 NMP	1.50E+07 NMP	3,2 mm
Média	1.45E+05 NMP	7.05E+05 NMP	3.23E+05 NMP	21,6 mm
Desvio padrão	199275.7	2435028	4883926	39,5362
Valor máximo	6.50E+05 NMP	7.75E+06 NMP	1.50E+07 NMP	101,8 mm
Valor mínimo	3.30E+03 NMP	1.70E+04 NMP	7.00E+04 NMP	3,2 mm

Fonte: ANDRADE, 2016.

A análise de variância não apresentou variação significativa entre os três pontos de coleta ($p=0,46$). Analisando a correlação entre os pontos amostrais, a correlação entre P1 e lagoa é fraca ($r=0,3$), porém P2 e lagoa é forte ($r=0,95$). Dessa forma podemos verificar a influência do efluente lançando por P2 no aumento de bactérias na lagoa.

O número de bactérias presentes na lagoa varia de 7.00E+04 a 1.50E+07 NMP, estando fora do valor máximo permitido pela resolução vigente. Essa água assim como a do ponto 1, possibilita risco para a comunidade acadêmica, uma vez que muitos estudantes

sentam ou mesmo deitam na grama, além dos trabalhadores da universidade que utilizam essas áreas para descanso.

O mês de outubro apresentou o maior número de bactérias termotolerantes, esse resultado se dá em função da baixa precipitação atrelado a entrada de efluente do campus proveniente do canal (ponto 2), do bloco CA e do quiosque. Estudo realizado por Almeida 2016 com a água do açude Velho em Campina Grande destinado a irrigação de áreas verdes no parque da criança, também apresentam valores acima do estabelecido, com valor mínimo de $0,4 \text{ E}+04$ e máximo de $3,9 \text{ E}+04$.

A temperatura afeta a atividade metabólica das bactérias termotolerantes, de modo que estudos relataram correlações significativas entre sobrevivência desses microrganismos em água com o aumento da temperatura, salinidade e pH (BLAUSTEIN *et al.*, 2013).

5.10 Índice de estado trófico

A caracterização do estado trófico de cursos d'água torna-se essencial, uma vez que permite avaliar a efetividade das ações de gerenciamento implementadas, bem como estabelecer medidas pertinentes e corretivas necessárias. Segundo Smith (2009), a eutrofização pode levar à alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água, à redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além do comprometimento das condições mínimas para o lazer na água.

Em ambientes lênticos a resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valor máximo de fósforo total de $0,03 \text{ mg/L}$, de modo que todos os valores presentes na tabela 10 se encontram acima do estabelecido. O alto teor de fósforo no P1 e na lagoa tem relação direta com os efluentes que são lançados nesses pontos, o que, segundo Sperling (1996), poderia causar um excessivo crescimento de algas e um possível entupimento do sistema de irrigação. A análise de variância entre os três pontos de coleta apresentou valor significativo ($p=0,015$), havendo forte correlação ($r=0,82$) entre o efluente advindo do canal e a água da lagoa.

O fósforo mostrou concentração mais elevada nos meses com menor precipitação, resultados também encontrados por Teixeira (2011), Dantas 2012, Oliveira *et al.* (2014) e Oliveira *et al.* 2015, em reservatórios eutróficos no Nordeste brasileiro. Estudos realizados por Moura *et al.* (2007a) e Dellamano *et al.* (2008) detectam concentrações menores de fósforo na estação chuvosa, possivelmente como um resultado do efeito de diluição e precipitação.

ALMEIDA 2016, também encontrou valor acima de 0,025 mg/L no Açude Velho em Campina Grande-PB.

O valor máximo de clorofila *a* estabelecido pela resolução vigente é de 30 µg/L, os resultados do ponto 1 apresentaram valores inferiores de março até maio. Os demais meses subsequentes houve um aumento significativo que pode ser explicado pelo aumento da temperatura e escassez de chuva, tendo como consequência intensa atividade fotossintética das microalgas e cianobactérias. Buzelli (2013), em seu estudo no reservatório Barra Bonita encontrou concentrações elevadas de clorofila-*a*: 214,94 µg/L na estiagem e 87,61 µg/L nas chuvas. O mês de julho também apresentou valor de clorofila *a* dentro do padrão mínimo, mesmo diante da baixa precipitação e incidência solar.

A análise de variância entre os três pontos de coleta apresentou valor significativo ($p=0,027$) de modo que existe correlação forte positiva ($r=0,89$) entre o efluente advindo do canal e a água da lagoa. Os resultados correspondentes à clorofila *a* são considerados como uma medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando assim, o nível de crescimento de algas no local (LAMPARELLI, 2004).

A partir dos resultados de fósforo total e clorofila *a*, apresentados na tabela 10, foi calculado o estado trófico dos três pontos de coleta. Os melhores resultados foram encontrados no P1 com grau de trofia mesotrófico nos meses de março, maio e junho, ou seja, apresentam produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos.

Tabela 10: Valores de estado trófico dos pontos coletados.

Ponto de coleta	Meses	P		CL		IET	Estado Trófico
		(mg/L)	IET(P)	(mg/L)	IET(CL)	Total	
P1	Março	2.80	39.29	28.57	79.12	59.20	Mesotrófico
P2		3.90	41.01	88.30	88.88	64.95	Supereutrófico
LAGOA 2		2.95	39.56	60.11	85.56	62.56	Eutrófico
P1	Abril	0.90	33.39	25.97	78.29	55.84	Eutrófico
P2		1.80	36.99	41.56	82.36	59.68	Supereutrófico
LAGOA 2		2.90	39.47	98.70	89.85	64.66	Supereutrófico
P1	Maio	2.80	39.29	18.18	75.20	57.25	Mesotrófico
P2		7.25	44.23	28.58	79.12	61.67	Eutrófico
LAGOA 2		5.55	42.84	98.60	89.84	66.34	Supereutrófico
P1	Junho	2.65	39.00	38.91	81.79	60.40	Eutrófico
P2		5.25	42.55	187.00	95.38	68.97	Hipereutrófico
LAGOA 2		6.00	43.25	194.80	95.73	69.49	Hipereutrófico
P1	Julho	4.25	41.46	20.48	76.24	58.85	Mesotrófico
P2		7.05	44.08	367.00	101.22	72.65	Hipereutrófico
LAGOA 2		7.10	44.12	314.00	99.87	71.99	Hipereutrófico
P1	Agosto	3.35	40.22	34.70	80.80	60.51	Eutrófico
P2		5.95	43.20	258.30	98.18	70.69	Hipereutrófico
LAGOA 2		7.25	44.23	338.50	100.52	72.37	Hipereutrófico
P1	Setembro	2.75	39.19	116.50	91.28	65.24	Supereutrófico
P2		3.70	40.74	380.00	101.52	71.13	Hipereutrófico
LAGOA 2		5.00	42.30	501.95	103.93	73.11	Hipereutrófico
P1	Outubro	2.40	38.49	182.50	95.17	66.83	Supereutrófico
P2		3.35	40.22	405.00	102.07	71.14	Hipereutrófico
LAGOA 2		3.70	40.74	709.00	106.92	73.83	Hipereutrófico

Fonte: ANDRADE, 2016.

A lagoa apresentou variações de trofia de supereutrófico e hipereutrófico, o primeiro possui alta produtividade, com baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com frequentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas. Em trabalhos realizados nos últimos cinco anos em reservatórios eutróficos no Nordeste

do Brasil, há relatos freqüentes de florações de cianobactérias (ALMEIDA *et al.*, 2012, BITTENCOURT *et al.*, 2012, 2014). O segundo apresenta elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos (CETESB, 2009).

De acordo com VON SPERLING (1996) e TUNDISI (2006) lagos Eutróficos são toleráveis para irrigação, sendo assim a água da lagoa só poderia ser utilizada para irrigação no mês de março, no entanto o P1 poderia ser utilizado de março a agosto uma vez que apresentou grau de trofia entre mesotrófico e eutrófico. Além de problemas sociais e econômicos, a eutrofização causa mudanças ecológicas profundas.

As altas temperaturas e a baixa precipitação ocorridas no ano de 2016 podem resultar em um aumento na eutrofização e salinização dessas águas, tornando essas impróprias para irrigação (MEDEIROS *et al.* 2015). Lira *et al.* (2011), estudando reservatórios brasileiros, registrou esses ambientes como eutróficos ou hipereutrófico ao longo do ano, principalmente nos meses mais secos.

Águas de baixa qualidade reduzem a diversidade de animais, plantas e microorganismos onde se caracteriza um número restrito de espécies tolerantes. Outro fator que intensifica a degradação da qualidade da água da lagoa é a presença de aves que depositam suas excretas nesse ambiente conforme ilustrado na figura 15.



Figura 15: Presença de aves na lagoa.

Fonte: ANDRADE, 2016.

O processo de eutrofização altera como um todo, o valor paisagístico e ecológico da lagoa presente na UFCG. Fatores como a cor da água e o odor desagradável contribuem para a rejeição da comunidade universitária que circulam diariamente pelo perímetro que se insere a lagoa.

A gestão adequada bem como a remoção dos pontos fornecedores de nutrientes são fatores que diminuem os efeitos nocivos da eutrofização. Também é possível utilizar técnicas de controle da eutrofização onde se incluem a aplicação de flocculantes, a mistura artificial ou a biomanipulação (HAMILTON & LANDMAN, 2011).

5.11 Índice de qualidade da água

O uso do IQA permitir que um número elevado de informações técnicas seja convertido em um conceito de qualidade de fácil compreensão. A utilização dessa ferramenta facilita a comunicação com o público leigo e o seu maior status quando comparado às variáveis isoladas, por representar uma média de diversas variáveis em um único número ou conceito (CETESB, 2015).

Sendo assim, durante os meses de menor precipitação o IQA obteve um valor mais baixo, havendo diferença significativa nas médias de acordo com ANOVA ($p=0,028$). A correlação entre a qualidade da água dos pontos de coleta também foi significativo, apresentando forte correlação entre P1 e P2 ($r=0,96$) e entre P2 e a lagoa ($r=0,97$).

Esses resultados confirmam as alterações dos parâmetros já discutidos como fósforo, condutividade elétrica, coliformes termotolerantes e DBO, que contribuem de forma significativa para a degradação da qualidade da água da lagoa.

A qualidade da água da lagoa apresentou IQA péssimo nos oito meses de estudo, sendo que os meses com menor precipitação (junho a outubro) apresentaram os valores mais baixos (tabela 11). Os meses de março a maio mesmo apresentando maior volume de chuva também apresentaram IQA péssimo, isso pode ser explicado pelo carreamento de material particulado e nutrientes das áreas adjacentes para dentro da lagoa, e conseqüentemente, ao aumento da turbidez, causando a alteração do ambiente (ÁGUAS E GESTÃO, 2014).

Tabela 11: Resultados do índice de qualidade da água dos pontos analisados.

Meses	IQA		
	P1	P2	Lagoa 2
Março	30.48	26.55	23.55
Abril	32.3	27.14	22.26
Maio	29.96	26.4	24.34
Junho	24.81	18.83	14.69
Julho	23.58	15.73	13.94
Agosto	17.57	14.07	12.88
Setembro	21.04	14.7	12.88
Outubro	20.91	16.25	14.97

Fonte: ANDRADE, 2016.

Os melhores resultados de IQA foram encontrados de março a maio em P1 e P2, apresentando classificação ruim ($26 < IQA < 50$). Esses resultados podem ser interpretados devido ao maior volume de chuva nesse período, porém o IQA da lagoa se manteve péssimo devido às outras influências antrópicas como o lançamento de efluentes do bloco CA (figura 16), do quiosque de lanches e os dejetos eliminados pelas aves presentes no local. Vale salientar que no mês de maio foi realizado uma dragagem na lagoa, fato esse que contribuiu para o melhor valor do IQA nesse mês.



Figura 16: Entrada de efluente pertencente ao bloco CA na lagoa.

Fonte: ANDRADE, 2016.

6. CONCLUSÃO

Através desta pesquisa e dos resultados obtidos, podemos constatar que as águas superficiais utilizadas na irrigação das áreas verdes na UFCG são impróprias para esse uso, uma vez que os efluentes que contribuem com a recarga desses corpos hídricos estão deteriorando sua qualidade, fato esse que proporciona a alteração dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do meio.

As principais fontes antrópicas que influenciam na degradação dessas águas são os efluentes advindos de bairros vizinhos como Monte Santo e Bela Vista, os provenientes das atividades do campus como a biblioteca e bloco CA, os difusos que são canalizados para o canal que liga as duas lagoas, os efluentes do quiosque e os excrementos das aves.

A água da lagoa 2 apresenta qualidade inferior em relação a lagoa 1, isso se deve ao efluente advindo do canal que interliga as duas lagoas, assim como os dejetos depositados pelas aves, assim como o despejo de efluentes do bloco CA e do quiosque.

Entre os parâmetros físico-química e microbiológicos analisados apenas o pH, turbidez e nitrato apresentaram valores dentro do estabelecido pela resolução vigente. A baixa precipitação ocorrida ao longo do período de estudo também influenciou na alteração dos parâmetros analisados, uma vez que os melhores resultados foram encontrados nos meses com maior precipitação como março, abril e maio.

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA essas águas são classificadas como classe 4, podendo ser utilizada apenas para navegação e harmonia paisagística. Desta forma, seu uso na irrigação do campus necessita de técnicas de tratamento que possam enquadrar essas águas como classe 2.

O grau de trofia da lagoa 1 (IET) variou entre Mesotrófico e Eutrófico nos seis primeiros meses, passando a Supereutrófico nos dois últimos meses. A lagoa 2 apresentou melhor IET no mês de março, de modo que os demais meses variaram entre Supereutrófico e Hipereutrófico. Além dos fatores antrópicos, as sazonalidades também contribuíram para esses resultados, uma vez que os piores IETs foram encontrados nos meses com menor precipitação e radiação solar intensa.

O IQA da lagoa 1 classificou essa água entre ruim e péssima, já o IQA da lagoa 2 foi classificado como péssima em todos os meses de estudo. Esses resultados confirmam os já apresentados pelo IET, uma vez que a lagoa 2 recebe maior carga de efluentes do que a lagoa 1. As informações contidas nos resultados do cálculo do IQA direcionam para ações de

planejamento que possam ser utilizadas para implantar um tratamento das águas superficiais utilizadas para irrigar as áreas verdes da UFCG.

O uso de efluentes não tratados na irrigação pode resultar na disseminação de diversas doenças infecciosas causadas por nematóides, bactérias, protozoários e vírus, prejudicando os trabalhadores da universidade, bem como alunos e professores que tem contato com as gramíneas contaminadas.

Sendo assim se faz necessário a implantação de um sistema de tratamento que possa reduzir a carga poluidora dessas águas antes da sua utilização na irrigação. O isolamento dos focos de lançamento de efluentes nas lagoas também se faz necessário em virtude dos resultados apresentados nessa pesquisa.

Como sugestão para pesquisas futuras propõe-se: Estudar as características físico-químicas e microbiológicas do solo e das plantas irrigado com essas águas, com o intuito de verificar o estado de contaminação dos elementos do sistema ambiental no local.

7. REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=listarAcudesUltimaCota> > Acessado em: 11/09/2016.

ÁGUAS E GESTÃO. **Monitoramento da Qualidade da Água em Rios e Reservatórios.** Bases Conceituais para Monitoramento de Águas Continentais. 2014. 39 p.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação.** Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas -BA. 2010

ALMEIDA, R. S. R. Análise multi-sistêmica da irrigação paisagística em um ecossistema urbano em Campina Grande-PB. **Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais).** Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2016.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115–124, 2012.

ANDRADE, A. P. A. *Avaliação da utilização de protetor físico de germinação e semeadura direta das espécies Copaifera Langsdorffii Desf e Enterolobium Contortisiliquum (Vell.) Morong. em área degradada pela mineração, Brasília.* **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

APHA - American Public Health Association New York. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater.** Ed. New York, 1999.

ARAGUÉS, R.; ALBERTO, F.; CUCHÍ, J. A.; MACHÍN, J. **Calidad de agua para Riego. Criterios generales.** Zaragoza: ITEA. 1979.

ARBUCKLE K. E.; DOWNING, J. A. The influence of watershed land use on lake N: P in a predominantly agricultural landscape. **Limnology and Oceanography**, Nova York, v. 46, n. 4, p. 970-975, jun. 2001.

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal**. Marcel Dekker. New York. 892p. 1981.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Calidad del agua para la agricultura. Roma: **FAO**.174p. 1976.

BATISTA, A. A. Influencia no processo da eutrofização e similaridade das águas superficiais do açude Orós, Ceará. 2011. 70 f. **Monografia** (Tecnologia em Irrigação e Drenagem). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE Campus Iguatu. 2011.

BITTENCOURT, O. M. C.; DIAS, S. N.; MOURA, A. N.; CORDEIRO, A. M. K; DANTAS, E. W. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 533-544, 2012.

BITTENCOURT, O.M. C.; PICCINSANTOS, V.; MOURA, A. N.; ARAGÃO, T. N. K. C.; CORDEIRO, A. M. K. Cyanobacteria, microcystins and cylindrospermopsin in public drinking supply reservoirs of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 297-309, 2014.

BLAUSTEIN, R.A.; PACHEPSKY, Y.; HILL, R.L.; SHELTON, D.R.; WHELAN, G. Escherichia coli survival in waters: temperature dependence. **Water Res.** 47 (2), 569e578. 2013.

BRANDÃO, L. P.; MOTA, S.; MAIA, L. F. Perspectivas do uso de efluentes de lagoas de estabilização em irrigação. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e **Ambiental**. **Anais do VI SILUBESA**. Rio de Janeiro. 2002.

BRASIL. Agencia Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília. 2013.

BRASIL. **AGENDA 21**, Disponível em< <http://www.ecolnews.com.br/agenda21/index.htm>> acessado em: 15/03/2016.

BRASIL. **Conselho Nacional De Recursos Hídricos**. Resolução 121. Brasília- DF. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília. 112 p. 2014.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. **Política Nacional de Saneamento Básico**. Lei Nº 11.445. Brasília – DF 2007.

BRASIL. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Lei Nº 9.433. Brasília – DF. 1997.

BRASIL. **Portal Transparência**. Disponível em <<https://portaldatransparencia.gov.br/despesasdiarias/empenho?documento=158195152812015NE801190>> Acessado em: 09/03/2016.

BRASIL. **Resolução CONAMA 274**. Brasília- DF. 29 de novembro de 2000.

BRASIL. **Resolução CONAMA 430**. Brasília- DF. 13 de maio de 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**. Brasília- DF. 17 de março de 2005.

BREGA, D; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reuso de água. In: **Reuso de água**. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos (Eds.). Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

BRENDA, L. S. Avaliação espaço - temporal da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Funil – região Sul de Minas Gerais. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

BROWN, R. M., N.; MCCLELLAND, R. A.; DEININGER, R. G. A water quality index - do we dare? **Water Sewage Works Oct**: 339-343. 1970.

BUZELLI, G. M.; CUNHA, S. M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CAGEPA. **Companhia de Água e Esgoto da Paraíba**. Disponível em: < <http://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/apresentacao/> > Acessado em: 26/01/2016.

CASTRO, A, S.; SILVA, B, M.; FABRI, R, L. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água dos bebedouros de uma instituição de ensino superior de juiz de fora, minas gerais. **Rev. Nutrir Gerais**, Ipatinga, v. 7 n. 12, p. 984-998, fev./Jul. 2013.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. 2015. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#condutividade> > Acesso em 7 de junho 2015.

CETESB- Companhia ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. Relatório técnico. São Paulo. 2009.

CETESB. Análise de Clorofila a como Ferramenta no Monitoramento da qualidade das Águas. **Cadernos da Gestão do Conhecimento**. São Paulo, 83p. 2014.

CONLEY D. J.; PAERL, H. W.; HOWARTH, R. W.; BOESCH, D. F.; SEITZINGER, S. P.; HAVENS, K. E.; LANCELOT, C.; LIKENS, G. E. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. **Science Magazine**, v.323, p.1014-1015, 2009.

CONLEY, D. J. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. **Hydrobiologia**, Holanda, v. 410, n. 2, p. 87-96, set. 1999.

CORCORAN, E. et al. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development; a rapid response assessment. **The Hague**: UN-Habitat, UNEP, GRID-Arendal, 2010.

DANTAS, E. W. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 533-544, 2012.

DELLAMANO, O, M. J.; VIEIRA, A. H.; ROCHA, O.; COLOMBO, V.; SANT'ANNA, C. L. Phytoplankton taxonomic composition and temporal changes in a tropical reservoir. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 171, n. 1, p. 27-38, 2008.

DUARTE, A.S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLETATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluentes no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.12. 2008.

FEITOSA F.; FILHO M. J. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. CPRM, 2. ed., Fortaleza. 2000.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J.L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. **Oecologia Australis** 15, pp. 655-665. 2011.

GARCIA, G. de O; MARTINS, F. S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. de A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, p.7-18, 2008.

HAMILTON, D. P., LANDMAN, M. J. **Lake restorations**: an experimental ecosystem approach for eutrophication control. *Hydrobiologia*. 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE cidades. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=&codmun=250400&search=paraibalcampina-grandelinfograficos:-dados-gerais-do-municipio>> Acessado em: 29/12/2015.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. **Tese de doutorado**. Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo. 2004.

LAUERMANN, A. Caracterização química dos efluentes gerados pelo aterro controlado de Santa Maria e retenção de chumbo e zinco por um argissolo da depressão central do Rio Grande do Sul. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2007.

LEITE, A. M. F. Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2003.

LIRA, G. A. S. T.; ARAÚJO, E.; BITTENCOURTO, L. M. C.; MOURA, A. N. Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, Northeast Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 4, p. 1313-1326, 2011.

LOPES, L.G.; AMARAL, L.A.; HOJAIJ, A. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.732-741.2010.

MAGALY, H. S. B; OLIVEIRA, L. F. C. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Rev. Ambiente e Água**. vol. 9 n. 1 Taubaté. 2014.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: editora Manoele, 576p. 2003.

MEDEIROS, L. D. C.; MATTOS, A.; LÜRLING, M.; BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, 2015.

MELO, H. N. S.; PIFER, R. C.; ANDRADE NETO, C. O.; MARQUES JÚNIOR, J. Utilização de nutrientes de esgoto tratado em hidroponia. In: MOTA, F. S.; VON SPERLING,

M. **Nutrientes de esgoto sanitário**: utilização e remoção. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES, 428 p. 2009.

MINAYO, M. C. S; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Caderno de Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz**. Rio de Janeiro: Fiocruz, jul/set 1993.

MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; BITTENCOURTOLIVEIRA, M. C. Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco – Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 645-654, 2007a.

NSF - National Sanitation Foundation. Consumer Information: Water **Quality Index (WQI)**. Disponível em: http://www.nsf.org/consumer/earth_day/wqi.asp. Acesso em: 02/02/2016.

OLIVEIRA, F. H. P. C.; SILVA, J. D. B.; COSTA, A. N. S. F.; RAMALHO, W. P. R.; MOREIRA, C. H. P.; CALAZANS, T. L. S. Cyanobacteria community in two tropical eutrophic reservoirs in northeastern Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences. Maringá, v. 37, n. 2, p. 169-176, Apr.-June, 2015

OLIVEIRA, F. H. P. C; CAPELA, A. A. L. S; MOREIRA, C. H. P.; LIRA, O. O.; PADILHA, M. R. F.; SHINOHARA, N. K. S. Seasonal changes of water quality in a tropical shallow and eutrophic reservoir in the metropolitan region of Recife (Pernambuco-Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1863-1872, 2014.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**: Água para um mundo sustentável. 2015. Disponível em:< <http://www.unesco.org/water/wwap>> acessado em: 10/05/2016. Acessado em: 26/08/2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na

brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.31, p.1470-1476, 2007.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science**: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201-207. 2009.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos**. Princípio do tratamento biológico das águas residuárias. v. 1., 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.

TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.; ROCHA, O.; PERET, A. C. Structure of the phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir (GO/MG), Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 3, p. 587-600, 2011.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper Collins Publishers, 1987.

TUNDISI, J. G.; MATSU MURA-TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. **Eutrofização na América do Sul**: causas, tecnologias de gerenciamento e controle. IIE, IIEGA, IAP, IANAS, ABC. 337p. 2006.

UNESCO/WHO/UNEP. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. 2 ed. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme. London: F & FN Spon, 651p. 1996.

UNISDR. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR), 2011.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, São Paulo, v. 22, 1997.

VANZELA, L. S. Qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP. Ilha Solteira: UNESP, 96 p. (**Dissertação Mestrado**). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004.

VERNIER, J. **O meio ambiente**. Papirus. Campinas. 132p. 1994.7

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte, 1996.

VON SPERLING, M.; MOREIRA DA COSTA, A. M. & CASTRO, A. A. Esgotos Sanitários. In: BARROS, R. T. de *et al* (Edit.) **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**, v. 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, p.113-161, 1995.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N.F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Revista Sequência**. Florianópolis. n. 67, p. 165-198, dez. 2013.