



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

CARMEM JÚLIA FIRMINO ARARUNA

**ÁGUAS DE DRENAGEM PLUVIAL COMO RECURSO SUSTENTÁVEL PARA
IRRIGAÇÃO**

CAMPINA GRANDE

2018

CARMEM JÚLIA FIRMINO ARARUNA

ÁGUAS DE DRENAGEM PLUVIAL COMO RECURSO SUSTENTÁVEL PARA
IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,
para encerramento do componente curricular e
conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mônica de Amorim Coura
Coorientadora: Iana Chaiene de Araújo Vidal

CAMPINA GRANDE - PB

Dezembro de 2018

CARMEM JÚLIA FIRMINO ARARUNA

**ÁGUAS DE DRENAGEM PLUVIAL COMO RECURSO SUSTENTÁVEL PARA
IRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para encerramento do componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Aprovado em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Mônica de Amorim Coura
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Orientadora

Mestranda Iana Chaiene de Araújo Vidal
Engenheira Sanitarista e Ambiental
Coorientadora

Prof.^a Dr.^a Dayse Luna Barbosa
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Examinadora Interna

Mestranda Sinara Martins Camelo
Engenheira Civil
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me permitir chegar até este momento, sua graça me concedeu saúde, força e ânimo, essenciais para não desistir nos momentos difíceis, e guiou todo meu caminho. Te agradeço Deus por todas as pessoas especiais que colocou ao longo do caminho, que me fizeram acreditar e ajudaram a concretizar mais esse sonho. Pelo privilégio de residir em Campina Grande, pois pude vivenciar o quão difícil era para aqueles que estavam longe de suas casas.

Aos meus pais, Alderli e Wellington, que acompanharam de perto meu esforço, por serem exemplo para minha vida, me apoiando em todos os passos. E em especial a minha mãe, minha maior incentivadora, obrigada por sempre acreditar na minha capacidade.

À todos os professores que contribuíram com minha trajetória acadêmica. Em especial, a minha orientadora Professora Mônica Coura, por aceitar me orientar e ter confiado na realização deste trabalho, por toda ajuda e disponibilidade.

À minha coorientadora Iana Chaiene, sem ela não teria sido possível concluir essa pesquisa. Mais do que a orientação, me ensinou e ajudou em todas as etapas do desenvolvimento. Minha gratidão por me preparar nessa trajetória de conclusão do curso, por toda paciência e estímulo, por compartilhar tanto conhecimento e sempre se fazer disponível.

À todos os grandes amigos que ganhei durante a graduação, em especial à Moema, Maria Luiza, Mateus Rodrigues, Ayllanderson, Gabriel, Debora e Osires, pela parceria e cumplicidade, me incentivaram e inspiraram a superar os momentos difíceis, por transmitirem não só conhecimentos acadêmicos, mas momentos que serão guardados para toda vida.

À Professora Dayse Luna e a Sinara, por dedicarem um tempo para participarem da banca examinadora.

Por fim, à todos que contribuíram para concretização deste sonho. Obrigada!

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de utilização das águas de macrodrenagem da bacia urbana do Prado na cidade de Campina Grande. Ao longo do canal foram selecionados seis pontos amostrais, para avaliar a qualidade das águas de drenagem, com base em análises físico-químicas. Os indicadores de qualidade da água adotados nessa pesquisa foram temperatura, pH, nitrogênio kjeldahl, fósforo total, dureza e turbidez, com o intuito de identificar a presença de cargas poluentes. Para analisar a viabilidade da utilização das águas de drenagem como recurso para a agricultura, foram acrescentados outros indicadores, sendo eles, cálcio e sódio, para elaboração da RAS, além da condutividade elétrica. Ao avaliar os resultados dos indicadores analisados durante campanha amostral, pode-se observar que o canal do Prado recebe quantidades significativas de esgotos domésticos, bem como resíduos sólidos urbanos lançados pela população, que influenciam na qualidade dos corpos hídricos, transportando diversos tipos de poluentes. De acordo com a classificação da USSL, as águas de drenagem do canal do Prado são enquadradas na faixa C3-S1, o que a caracteriza como uma água que oferece alto risco de salinização, porém baixo risco de sodificação, logo, conclui-se que as águas citadas somente poderão ser reutilizadas sem tratamento prévio em usos restritos e no cultivo de culturas de alta tolerância salina. De modo geral, as águas de drenagem apresentam uma carga de nutrientes bastante satisfatória para o desenvolvimento das culturas, porém deve-se ser investigado a questão microbiológica a fim de que tais águas não acarretem em riscos à saúde da população.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Águas pluviais, Reúso.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the potential use of Prado's macrodrainage waters basin on the Campina Grande city. Six sampling points were selected along the canal to evaluate the quality of drainage water, based on physical-chemical analyzes. The water quality indicators adopted in this research were temperature, pH, nitrogen kjeldahl, total phosphorus, hardness and turbidity, in order to identify presence of pollutant loads. To analyze the feasibility of using drainage waters as a resource for agriculture, other indicators were added, such as calcium and sodium, to elaborate RAS, besides the electrical conductivity. After evaluation of indicators results, analyzed during the sampling campaign, it can be observed that the Prado canal receives significant amounts of domestic sewage, as well as urban solid waste released by the population, which influences the quality of water, carrying different types of pollutants. According to the classification of the USSL, the drainage waters of Prado's canal are classified in the range C3-S1, which characterizes it as a water that offers high risk of salinization, but low risk of sodification, therefore, the waters can only be reused without prior treatment in restricted cases and in high salt tolerance cultivations. In general, drainage water has a nutrient load that is quite satisfactory for crop development, but the microbiological point must be investigated in order that such water does not cause health risks for the population.

Keywords: Sustainability, Rainwater, Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento demográfico no Brasil.	15
Figura 2 - Esquema de um sistema de microdrenagem.	20
Figura 3 - Esquema da tubulação de um sistema unitário.	21
Figura 4 - Esquema das tubulações de um sistema separador absoluto.	22
Figura 5 - Maiores tipos de reúso.	27
Figura 6 - Fluxograma das etapas metodológicas.	31
Figura 7 - Localização de Campina Grande na bacia hidrográfica do rio Paraíba.	32
Figura 8 - Sistema de drenagem urbana de Campina Grande.	34
Figura 9 - Trecho canalizado do canal do Prado.	34
Figura 10 - Pontos de obtenção das amostras.	35
Figura 11 - Localização dos pontos amostrais e delimitação da área de estudo.	36
Figura 12 - Execução da coleta de amostras.	37
Figura 13 - Variação espaço temporal do pH nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	40
Figura 14 - Variação espaço temporal da temperatura na bacia urbana do Prado.	40
Figura 15 - Variação espaço temporal da condutividade elétrica na bacia urbana do Prado. ..	41
Figura 16 - Variação espaço temporal da concentração de sódio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	42
Figura 17 - Variação espaço temporal da concentração de cálcio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	43
Figura 18 - Variação espaço temporal da concentração de turbidez nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	44
Figura 19 - Variação espaço temporal da concentração de nitrogênio NTK nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	45

Figura 20 - Variação espaço temporal da concentração de fósforo total nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.....	46
Figura 21 - Variação espaço temporal da concentração de cálcio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.....	47
Figura 22 - Gráficos Box Plot para turbidez, NTK, fósforo e dureza total, nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.	48
Figura 23 - Contribuições de esgotos domésticos, lançamento de resíduos sólidos e falta de limpeza na bacia urbana do Prado.	51
Figura 24 - Classificação quanto ao risco de salinidade e de sódio.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reúso.	25
Tabela 2 - Identificação dos pontos de coleta.....	35
Tabela 3 - Indicadores físico-químicos utilizados, métodos analíticos e referência.	37
Tabela 4 - Categorias adotadas pelo USSL.	38
Tabela 5 - Valores típicos de parâmetros de carga orgânica (mg/L) no esgoto.	45
Tabela 6 - Limites para diferentes níveis de estado trófico.	46
Tabela 7 - Parâmetros descritivos dos indicadores físico-químicos.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA – Agência Nacional de Águas
- CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
- CE – Condutividade Elétrica
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- FAO – Food and Agriculture Organization
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ONU – Organização das Nações Unidas
- pH – Potencial Hidrogeniônico
- RAS – Razão de Absorção de Sódio
- SELAP – Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras
- SESUMA – Secretária de Serviços Urbanos e Meio Ambiente
- SNIS – Sistema Nacional de Saneamento Básico
- SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente
- UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
- UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez
- USEPA – US Environmental Protection Agency
- USSL – United States Salinity Laboratory
- WWAP – World Water Assessment Programme

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	11
1.1 - Justificativa	14
1.2 - Objetivos	14
1.2.1 - Objetivo Geral.....	14
1.2.2 - Objetivos Específicos	14
2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 - A Problemática Ambiental	15
2.2 - Sustentabilidade	17
2.3 - Drenagem das Águas Pluviais.....	18
2.3.1 - Sistema de Drenagem	19
2.3.2 - Caracterização dos Sistemas de Esgotamento	20
2.3.3 - Qualidade das águas de drenagem urbana	22
2.4 - Reuso de água	23
2.4.1 - Legislação sobre reúso de Água no Brasil.....	24
2.4.2 - Classificação de Reúso	26
2.4.3 -Formas Potenciais de Reuso	27
2.4.3.1 - <i>Reúso de Água na Agricultura</i>	27
3.0 METODOLOGIA.....	31
3.1 - Caracterização da área de estudo	31
3.1.1 – Sistema de Drenagem Urbana de Campina Grande:	33
3.2 - Pontos de amostragem.....	35
3.3 - Coleta de dados	36
3.4–Indicadores analisados	37
3.5 – Análises estatísticas	37
3.6 – Avaliação do Potencial do Reuso Agrícola	38
4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
4.1 - Variação qualitativa da água:	39
4.1.1 - Potencial Hidrogeniônico - pH:	39
4.1.2 - Temperatura	40
4.1.3 - Condutividade Elétrica:	41
4.1.4 - Sódio	42

4.1.5 - Cálcio:.....	42
4.1.6 – Turbidez	43
4.1.7 – Nitrogênio Kjeldahl (NTK).....	44
4.1.8 – Fósforo Total.....	45
4.1.9 – Dureza Total.....	47
4.2 – Análises Estatísticas	48
4.3 - Avaliação do Potencial para o Reúso Agrícola:.....	52
5.0 CONCLUSÕES.....	54
6.0 REFERÊNCIAS	55

1.0 INTRODUÇÃO

A água é de suma importância para a existência da vida no planeta, não só por ser essencial para as hidratações humana e animal, mas também pela sua importância no desenvolvimento de várias atividades antrópicas, como a agricultura e diversos processos industriais, além da manutenção e do equilíbrio dos ecossistemas terrestres (CASTRO, 2012).

O crescimento populacional, a industrialização e a expansão da agricultura no último século vêm acarretando problemas de escassez e degradação dos recursos hídricos. Por este motivo, a gestão das águas passou a fazer parte das discussões políticas, sociais, econômicas e acadêmicas. A percepção atual é que a água é recurso finito, escasso e valorizado economicamente. Assim, a necessidade deste recurso conduz fornecedores e usuários a negociarem no ambiente institucional vigente (CASTRO, 2012).

Atualmente, a demanda mundial por água é estimada em torno de 4.600 km³/ano, e calcula-se que esta irá aumentar de 20% a 30%, atingindo um volume entre 5.500 e 6.000 km³/ano até 2050 (BUREK et al., 2016).

O Brasil é visto como um País beneficiado quanto à sua disponibilidade de água, ganhando destaque quando comparado a outros países. De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2017) contém cerca de 12% de todas as reservas de água doce do mundo, possuindo ao todo 200 mil microbacias, espalhadas em 12 regiões hidrográficas. E essa visão mascarou os problemas de escassez hídrica existentes em algumas regiões do País decorrente, principalmente, de um conjunto de atividades humanas que associado ao crescimento demográfico, planeja de forma errônea e desperdiça em grande quantidade seus recursos hídricos.

O uso constante e excessivo de água para atender o crescimento populacional associado à expansão da economia gera um volume considerável de água residuária, que na maioria dos casos é lançada de forma indiscriminada nos corpos d'água comprometendo assim a sua qualidade. A urbanização e a industrialização ampliam a demanda pela água, aumentam o desperdício e os custos de gerenciamento deste recurso fundamental a saúde ecossistêmica e ao desenvolvimento humano local e sustentável (ROCHA, 2013).

Além disso, a distribuição natural da água não é equilibrada. Segundo a ANA (2017), a região Norte, por exemplo, concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas ao

Oceano Atlântico possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país.

O Nordeste brasileiro desponta como uma região que, pela própria natureza, demanda atenção especial no tocante à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que tem 87,8 % do seu território no Semiárido.

Os baixos índices de precipitação, a irregularidade do seu regime, temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração aliadas às características hidrogeológicas, como a relevante presença de rios intermitentes, contribuem para os reduzidos valores de disponibilidade hídrica observados (ANA, 2017).

Assim, a escassez de água pode ser uma circunstância natural, como também um efeito do crescimento demográfico e avanço socioeconômico. Dessa forma, a necessidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos que contemple a conservação da água e o reuso são estratégias indispensáveis para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A tendência é que a prática do reúso aumente na medida em que a população mundial continue se urbanizando e se concentrando na região costeira onde fontes de água potável são limitadas ou demandem alto investimento para captação (USEPA-US Environmental Protection Agency, 2012).

Apesar de décadas de regulamentação e de grandes investimentos para reduzir fontes pontuais de poluição hídrica em países desenvolvidos, os desafios relacionados à qualidade da água perduram, devido às fontes de poluição hídrica difusas e àquelas sem regulamentação (WWAP-World Water Assessment Programme, 2018).

Campina Grande, área de estudo deste trabalho, é um exemplo desse cenário de poluição, por meio do qual seu sistema de drenagem atua como receptor clandestino de esgotos que são lançados e transportados *in natura* de forma totalmente ilegal.

Os principais usos da água no Brasil são para irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer. E de acordo com a ANA, atualmente, o principal uso de água no país em termos de quantidade utilizada é a irrigação.

Esse uso corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as culturas, e varia de acordo com a necessidade de cada cultura, tipo de solo, relevo, clima e outras variáveis. Normalmente, a irrigação permite uma suplementação do regime de chuvas, viabilizando o cultivo em regiões

com escassez mais acentuada de água, como o Semiárido, ou em locais com períodos específicos de seca, como a região central do Brasil (ANA, 2017).

Assim sendo, devido à grande demanda de água que os fins agrícolas necessitam, é de grande relevância que se conceda importância para uma gestão de qualidade, onde se possa regularizar, viabilizar e reconhecer o reúso como instrumento sustentável para tal atividade.

Além de aumentar o suprimento de água, o reúso da água apresenta vários benefícios, como por exemplo: melhoria da produção agrícola devido aos nutrientes presentes na água, redução o consumo de energia associado à produção, tratamento e distribuição de água potável, redução do aporte de nutrientes aos corpos receptores devido ao reúso de efluentes tratados (USEPA, 2012).

1.1 - Justificativa

Diante dos problemas de escassez de recursos hídricos, resultado da crescente demanda bem como utilização inadequada, se torna imprescindível a busca por fontes alternativas. Além do mais é importante salientar que segundo a WWAP (2018), 80% de todas as águas industriais e residuais são lançadas no meio ambiente sem qualquer tipo de tratamento.

Assim, a presente pesquisa se justifica perante a necessidade de serem estabelecidas políticas de gestão sustentável dos recursos hídricos, à exemplo dessa situação tem-se o reuso das águas dos sistemas de macrodrenagem dos centros urbanos.

Dessa forma, o reuso dessas águas para fins agrícolas visa contribuir significativamente para a economia de água potável assim como reduzir os custos inerentes ao uso de matéria orgânica e de nutrientes essenciais às culturas de irrigação, promovendo uma saudável e equilibrada qualidade de vida.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo Geral

Avaliar o potencial de utilização das águas de macrodrenagem da bacia urbana do Prado de Campina Grande- PB.

1.2.2 - Objetivos Específicos

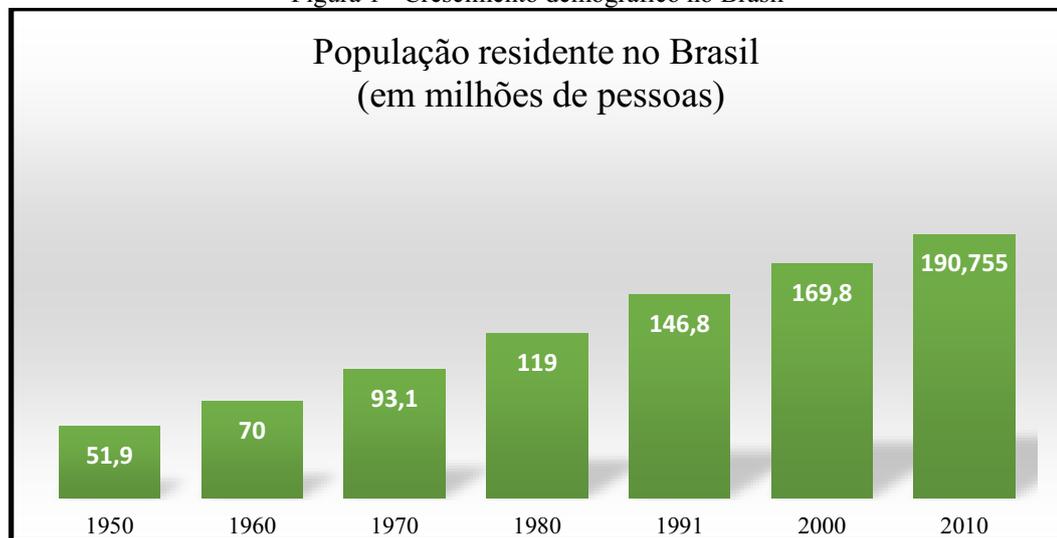
- Avaliar a qualidade das águas de drenagem do canal do Prado, com base em análises físico-químicas;
- Analisar a viabilidade da utilização das águas de drenagem como recurso para agricultura.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - A Problemática Ambiental

O crescimento demográfico no Brasil nas últimas décadas (Figura 1) tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente, ocasionados principalmente pela falta de planejamento das cidades, falta de controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco, sistemas de drenagem urbana inadequados, aumento da poluição do ar e da água, além de promover uma maior demanda dos recursos hídricos.

Figura 1 - Crescimento demográfico no Brasil



Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).

Nesse contexto não há como satisfazer essa demanda de recursos hídricos, nem ao menos melhorar sua qualidade, se não for de conhecimento de todos o valor da água e da necessidade de preservá-la e utilizá-la de maneira racional.

Lugares no Brasil e no mundo, não somente as regiões áridas e semiáridas, já se encontram sob ameaça de grandes riscos de escassez hídrica, em razão de déficits em qualidade e/ou quantidade de água para suprir os usos de uma crescente população.

De acordo com o relatório da ONU – Organização das Nações Unidas (2018), 40% das pessoas no mundo estão sendo afetadas pela escassez de água. Se o problema não for solucionado, cerca de 700 milhões de pessoas poderão ser deslocadas até 2030 em busca de água. Atualmente, mais de 2 bilhões de pessoas são obrigadas a beber água de qualidade duvidosa, e mais de 4,5 bilhões não possuem serviços de saneamento básico gerenciados de forma segura. Cerca de 80% das águas residuárias são descarregadas sem tratamento no

ambiente. Além disso, catástrofes relacionadas à água representam 90% entre as 1 mil catástrofes naturais mais devastadoras desde 1990.

Esta situação deve-se em grande parte a um consumo excessivo de água para a produção alimentar e agrícola. De acordo com a FAO-Food and Agriculture Organization (2017), agricultura é, de fato, um elemento fundamental da equação, pois responde por cerca de 70% do consumo de água doce do mundo, e também contribui para a poluição das águas devido ao uso de pesticidas e fertilizantes. Revela ainda que com o aumento da população, a demanda por alimentos aumentará em 50% até 2050. O desafio para o planeta é produzir mais comida com menos água, uma vez que a escassez de recursos hídricos deve se agravar no futuro, logo é preciso promover métodos para que a agricultura utilize menos água e de forma mais eficiente.

Segundo a UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2016), a escassez de água provavelmente limitará as oportunidades de crescimento econômico e criação de empregos decentes nos próximos anos e décadas, a menos que exista infraestrutura suficiente para gerenciar e armazenar a água, como é o caso de muitos países desenvolvidos. Com essas estimativas, percebe-se que a disponibilidade de água poderá variar nas próximas décadas, e como efeito, grande parte da população mundial sofrerá com problemas proporcionados pela escassez hídrica.

A partir das propensões de crescimento populacional e elevada demanda por alimentos e fornecimento de água, acompanhadas de imprecisões climáticas, a poluição hídrica vem a tornar-se um agravante dos problemas relacionados à água.

Os impactos antrópicos ao longo dos corpos hídricos atingem de maneira direta o ciclo natural das águas, proporcionando riscos tanto para o ambiente quanto para as próprias atividades humanas. E as redes de drenagem, em áreas urbanizadas, são tomadas como as principais fontes de deterioração dos corpos hídricos, uma vez que inadequadamente recebem descargas de poluentes.

Inseridos no meio ambiente através de fontes, os poluentes podem apresentar origem de caráter pontual ou caráter difuso. As fontes de poluição pontuais são aquelas em que se conhece a carga, a natureza e a frequência com que os poluentes entram no corpo receptor, como os esgotos industriais e domésticos. Nas fontes difusas, não se conhece a origem da poluição no corpo receptor, nem sua carga e natureza, além de que os poluentes se encontram espalhadas por grandes áreas.

A variabilidade de tais cargas, de natureza pontual ou difusa, pode ser atribuída à sazonalidade das características das atividades poluidoras, tais como: processos produtivos, hábitos da população, mudanças no uso e cobertura do solo, conforme o ciclo vegetativo e de plantio de culturas agrícolas, entre outros (MENDIONDO et al, 2012).

Apesar de a sociedade humana usufruir de vários serviços ambientais proporcionados pela água, diversos corpos de água no mundo estão sob efeito de uma combinação de vazões reduzidas e elevadas cargas de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, que podem causar depleção de oxigênio e eutrofização quando despejados em cursos de águas naturais. Muitos rios acabam não conseguindo retornar ao seu estado natural, após autodepuração (FAO, 2011).

Contudo, o aumento da demanda por água, principalmente em locais em que a mesma é escassa ou deteriorada pelo lançamento inadequado de poluentes, sustenta a necessidade de maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos.

2.2 - Sustentabilidade

Segundo Cunha et al (2012), o termo “Desenvolvimento Sustentável” foi provavelmente utilizado pela primeira vez em um documento internacional no ano de 1980. Naquele ano, um relatório intitulado “World Conservation Strategy”, alertava para a necessidade de esforços globais coordenados para um desenvolvimento sustentável, que assegurasse a manutenção dos ecossistemas, promovesse o uso racional dos recursos naturais e preservasse a diversidade genética.

Somente na “Rio-92” o conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado, pautado na sustentabilidade ambiental, econômica e sociopolítica, tendo como definição, o desenvolvimento capaz de atender às necessidades atuais, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações (FREIRE, 2014).

Por conseguinte, a sustentabilidade é definida como um estado dinâmico de equilíbrio entre as perturbações impostas ao meio ambiente e a capacidade de auto-regulação dos sistemas ambientais, de modo que um impacto é progressivamente minimizado até que seja restaurada a condição original do componente afetado ou atingida uma nova condição aceitável de equilíbrio (CUNHA et al, 2012).

Atualmente, o modelo de consumo, produção e extração de forma desenfreada, ameaçam não só a natureza, mas a própria qualidade de vida humana, provocando problemas como: poluição de ar, água e solo, desmatamento, falta de água, entre tantos outros.

A partir do exposto, a sustentabilidade surge como uma alternativa que reforça a necessidade de elaborar medidas, tanto estruturais como não estruturais, para economizar recursos e utilizar de forma consciente o consumido, buscando sempre a segurança hídrica.

Os principais objetivos das medidas sustentáveis estão relacionados com um ambiente natural saudável e livre de agentes poluidores, com uma evolução das condições de saúde, além da economia de recursos humanos e financeiros utilizados na preservação do sistema. A partir disso, pode-se citar como exemplos de medidas sustentáveis a reciclagem e o reúso de produtos, a economia de recursos, a diminuição do consumo de energia e utilização de fontes renováveis, o uso de transportes coletivos, aplicação de telhado verde, entre tantos outros.

Com isso, o reúso é uma ferramenta que proporciona a conservação dos recursos para as futuras gerações, proteção ambiental e benefícios econômicos e sociais, sendo assim uma solução sustentável que colabora para o uso racional dos recursos hídricos.

2.3 - Drenagem das Águas Pluviais

Pela Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, os sistemas de drenagem fazem parte dos quatro componentes do Saneamento Básico, que engloba também os sistemas de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. A finalidade da drenagem é prevenir as inundações e alagamentos, além de conservar o meio ambiente.

A drenagem, juntamente com o manejo das águas pluviais urbanas, consiste de um conjunto de serviços e/ou atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Segundo Ferreira (2009), o processo de drenagem pode ser natural ou artificial, no entanto, a drenagem natural não é suficiente para escoar o excesso de água que atinge determinada área. Os fatores que contribuem para a ocorrência deste excesso de água na superfície do solo são: a ocorrência de precipitações intensas, a topografia plana da área considerada, e a baixa infiltração da água no solo. A drenagem artificial visa, portanto, complementar os excessos de água não drenadas.

O escoamento das águas pluviais pode produzir inundações nas áreas urbanas devido a dois processos: as inundações de áreas ribeirinhas, que ocorrem naturalmente no leito maior dos rios, e os alagamentos que ocorrem no sistema de drenagem pluvial, retratado pelas águas

acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes chuvas (TUCCI, 2008; BRASIL, 2003).

Os sistemas de drenagem têm de fazer parte da organização e do bom uso do solo urbano, valorizando os cursos d'água, preservando-os e recuperando-os, diminuindo os impactos nos processos naturais do ciclo hidrológico causados pela urbanização, tanto na área interna da cidade, quanto na área externa a jusante.

Miguez et al (2015) definem os objetivos de um sistema de drenagem em um contexto amplo como:

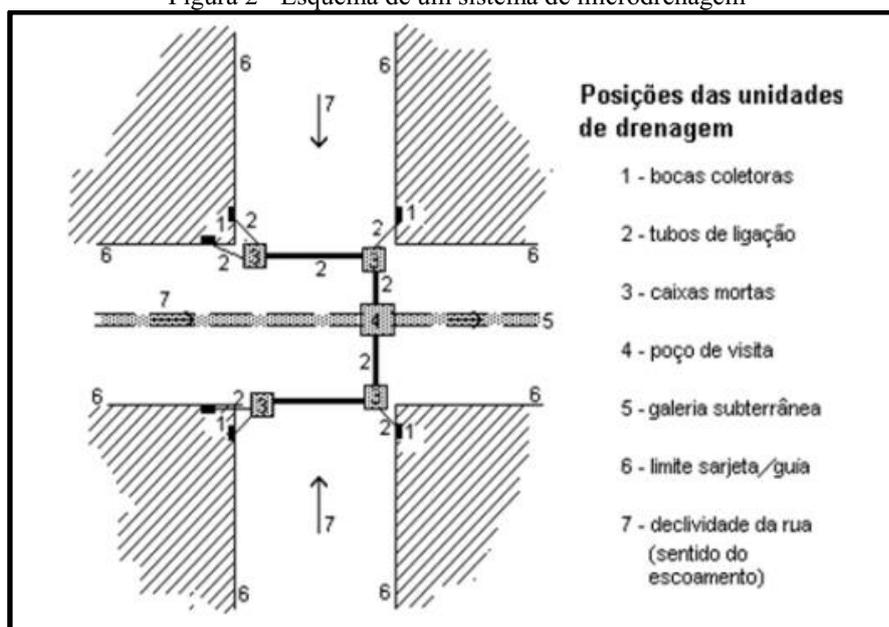
- Redução dos alagamentos de uma dada região de interesse e minimização dos prejuízos da comunidade instalada na bacia drenada;
- Integração com o plano urbanístico da cidade, tanto no que diz respeito às questões de zoneamento e uso do solo, como em relação ao crescimento urbano;
- Preservação de várzeas e integração de soluções de drenagem com paisagens urbanas, em combinações multifuncionais;
- Avaliação integrada de questões de qualidade e quantidade das águas escoadas;
- Conservação de logradouros e preservação das condições de tráfego na bacia;
- Compromisso entre drenagem da região e destino final das águas no corpo receptor, sem transferência de problemas para jusante.

2.3.1 - Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem é entendido como sendo composto por dois sistemas diferenciados pelas suas dimensões, são designados microdrenagem e macrodrenagem.

Em uma área urbana, o caminho da rede de microdrenagem é essencialmente definido pelo traçado das ruas e composto pelos pavimentos, sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões (MIGUEZ et al, 2015). Sendo assim, compreende a captação e condução das águas superficiais originadas pelas áreas urbanas, como é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de um sistema de microdrenagem



Fonte: Fernandes (2002).

Já a macrodrenagem corresponde à rede de maior porte, que recebe águas já concentradas. Abrange obras que visam beneficiar as condições de escoamento a fim de amenizar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues, modificando e complementando os caminhos naturais, tais como canalizações, galerias de maior dimensão, barragens, diques, as quais funcionam como os principais condutores de vazão de uma bacia, recebendo as contribuições do sistema de microdrenagem e lançando-as no corpo receptor final (MIGUEZ et al, 2015).

Como os canais foram objeto de estudo dessa pesquisa, os mesmos merecem uma ênfase. São condutos abertos ou fechados que transportam a água com superfície livre. Quanto à sua conformação, os canais podem ser naturais, como os rios, ou artificiais quando apresentam forma geométrica conhecida, podendo ser revestidos ou não. Como exemplo de canais artificiais, citam-se os coletores de esgotos sanitários, as galerias de águas pluviais, os túneis-canais, as calhas, as canaletas, entre outros (BRASIL, 2006).

2.3.2 - Caracterização dos Sistemas de Esgotamento

Uma cidade deve contemplar dois tipos de sistemas de esgotamento, os sanitários e os pluviais. O sanitário é um conjunto de condutos e obras destinadas a coletar, transportar e destinar de forma segura as vazões de esgoto sanitário (domésticos e industriais), enquanto que o sistema de drenagem pluvial é um conjunto de estruturas que visam melhorar as condições de

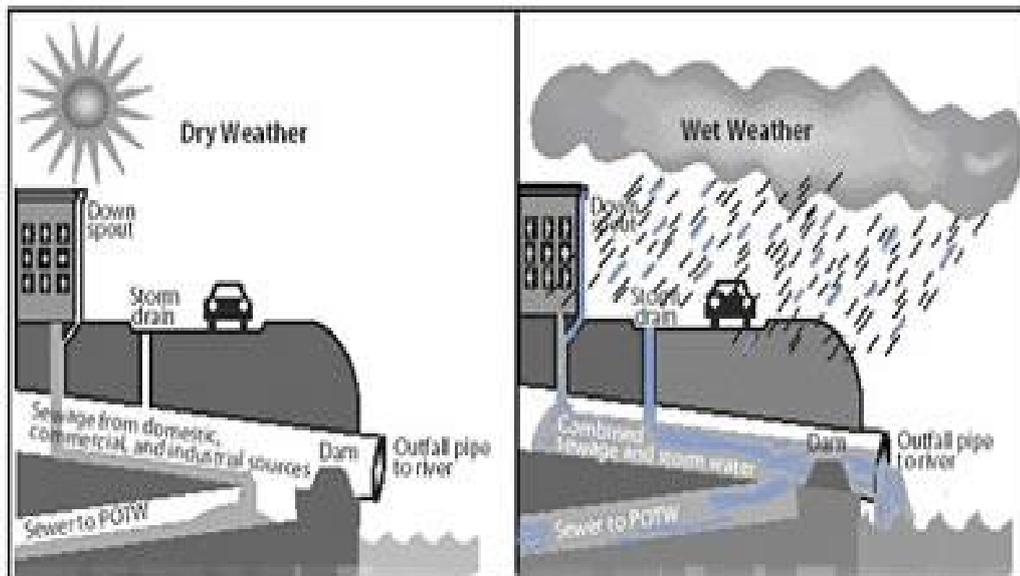
escoamento das águas das chuvas, evitando problemas como inundações, erosões e assoreamentos (FREIRE, 2014).

Atribuem-se dois padrões de sistemas de esgotamento para as águas pluviais, os sistemas separadores absolutos e os sistemas unitários.

Antigamente, as águas pluviais eram veiculadas junto às águas residuárias e às de infiltração, através de um único sistema, dito unitário. Ou seja, consistiam na coleta e condução dos efluentes sanitários por uma mesma tubulação por onde eram conduzidas as águas pluviais.

Atualmente existe maior exigência para a implantação desse tipo de sistema, particularmente pelo incidente dos extravasamentos que provocam a poluição do corpo hídrico, como exemplificado na Figura 3, como também pelo alto investimento na construção das grandes galerias necessárias ao transporte das vazões máximas de projeto.

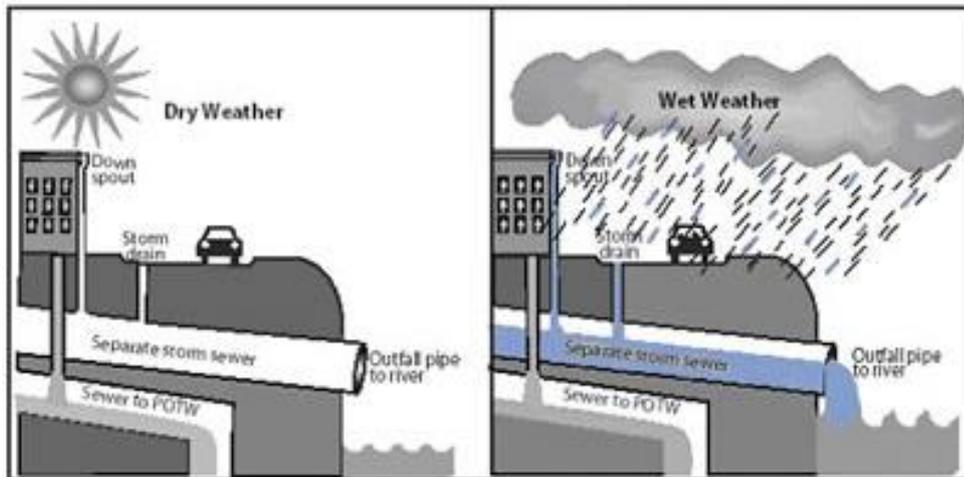
Figura 3 - Esquema da tubulação de um sistema unitário



Fonte: Adaptado de Kentucky's Department for Environmental Protection (2018).

Os sistemas separadores absolutos (Figura 4), por sua vez, são caracterizados pela presença de duas redes de tubulações separadas. Uma delas dimensionada para atender apenas as contribuições de esgoto geradas, conduzindo os efluentes a uma estação de tratamento de esgotos. A outra rede é composta pelas galerias de águas pluviais, que normalmente direcionam essas águas para um corpo receptor. Na prática, esse sistema nem sempre funciona como teoricamente planejado.

Figura 4 - Esquema das tubulações de um sistema separador absoluto



Fonte: Adaptado de Kentucky's Department for Environmental Protection (2018).

Segundo Tucci (2005), no Brasil, a maioria dos sistemas de esgotamento de águas é do tipo separador absoluto, porém o mais recorrente são ligações clandestinas que permitem a destinação do esgoto junto com a água pluvial, caracterizando um grande problema, devido a mistura do esgoto sem tratamento com as águas pluviais que tem uma qualidade significativamente superior e que por ventura poderiam ser empregadas em outros fins.

2.3.3 - Qualidade das águas de drenagem urbana

As transformações na ocupação e no uso do solo geram grandes impactos ao ambiente e são decorrentes da urbanização e das intervenções antrópicas, realizadas sem planejamento. Nesse sentido, de acordo com Brasil (2006), o sistema de drenagem se sobressai como um dos mais sensíveis problemas causados pela urbanização, principalmente devido à impermeabilização do solo, que dificulta a infiltração das águas pluviais e acelera o escoamento superficial do volume de água precipitado.

Segundo Porto (1995), o escoamento superficial da água sobre áreas impermeáveis carrega o material solto e solúvel que encontra, transportando assim, cargas poluidoras significativas para os corpos hídricos.

A poluição causada pelo escoamento superficial pode ter vários fatores desencadeadores, sendo esses dependentes do tipo de ocupação da bacia, da sazonalidade do ciclo hidrológico bem como da frequência e intensidade das precipitações e, também, das características físicas da bacia (SALGADO, 2013). Logo, esses fatores também determinam a qualidade de água nos corpos receptores.

As modificações nos processos hidrológicos e de qualidade da água ocasionadas pela urbanização e pela ineficácia dos dispositivos empregados no escoamento das águas pluviais urbanas indicam a necessidade de pesquisas, que visem novas alternativas para o seu controle, buscando inovar a configuração de gestão para a questão das águas pluviais urbanas (FREIRE, 2014).

Alves et al. (2012) afirmam que monitorar a qualidade da água por meio de análises físico-químicas fornece subsídio às políticas de proteção ambiental e decisão nas ações de gestão ambiental.

2.4 - Reuso de água

Sempre que se faz referência aos recursos hídricos existe uma associação imediata a rios, córregos e lagos, as chamadas águas superficiais. Contudo, a escassez dos recursos hídricos está mudando essa visão. Na atualidade, em vários países, a água encontra-se dividida em quatro fontes principais: a superficial, a subterrânea, a meteórica e a de reúso (CARVALHO et al, 2014).

A crescente necessidade por tal recurso tem tornado o reúso planejado da água uma questão atual e de grande relevância, considerando que o mesmo representa uma parcela do uso racional ou eficiente da água, junto com o controle de perdas, desperdícios e a minimização da produção de efluentes e consumo de água.

A capacidade de reutilizar a água, independentemente da intenção de aumentar o abastecimento de água ou gerenciar nutrientes no efluente tratado, proporciona benefícios positivos que também são os principais motivadores para a implementação de programas de reutilização. Esses benefícios incluem melhor produção agrícola; redução do consumo de energia associado à produção, tratamento e distribuição de água; e benefícios ambientais significativos, como a redução de cargas de nutrientes para as águas receptoras, devido à reutilização das águas residuais tratadas (USEPA, 2012).

Reutilizar a água também oferece benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas, além de proteger o meio ambiente, economizar energia, reduzir investimentos em infraestrutura e proporcionar melhoria dos processos industriais. Portanto, o uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade de um modo geral (SANTOS, 1993).

O reúso de água pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para as comunidades em que se insere, sendo uma alternativa sustentável para o aumento da oferta de água. Esta prática pode ser um importante elemento do sistema de tratamento e disposição final de efluentes, diminuindo a carga poluente que chega aos corpos d'água (MILLER, 2006).

Para qualquer fim, o reúso de água depende de sua qualidade física, química e microbiológica. A maioria dos parâmetros físico-químicos de qualidade é bem compreendida, tornando possível estabelecer critérios de qualidade que sejam orientadores para o reúso. Para que a água possa ser reutilizada, ela deve satisfazer os critérios recomendados ou os padrões que tenham sido fixados para o determinado uso e, para isso, é necessário conhecer as características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias (FIORI, 2004).

2.4.1 - Legislação sobre reúso de Água no Brasil

A regulamentação sobre os recursos hídricos no País inicia-se com a promulgação da Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Mais conhecida como Lei das Águas, segundo a ANA (2018), a referida Lei criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo.

A primeira Norma Regulamentadora que tratou de reúso de água no Brasil foi a norma técnica NBR 13.696 (1997) elaborada pela ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, que se refere a Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

A mesma apresenta o reúso como alternativa à destinação de esgotos de origem essencialmente doméstica ou com características semelhantes, aborda como realizar o planejamento de reúso, quais os tipos de tratamento a utilizar, quais as destinações e os volumes a serem tratados. Define ainda as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros de qualidade para classes de reúso de esgotos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reúso

Classes de Água de Reúso	Aplicações	Parâmetros de Qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água	Turbidez < 5 Coliformes fecais < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L 6,0 < pH < 8,0 0,5 mg/L < Cloro residual < 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez < 5 Coliformes fecais < 500 NMP/100 mL 0,5 mg/L < Cloro residual
Classe 3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez < 10 Coliformes fecais < 500 NMP/100 mL
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliformes fecais < 5 000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: ABNT NBR 13.969 (1997).

Somente em 2005 o reúso da água passou a integrar as políticas de gestão dos recursos hídricos no Brasil, a partir da Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, estabelecida pelo CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Foram introduzidas modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

O artigo 2º desta Resolução adota as seguintes definições:

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

E de acordo o artigo 3º, o reúso direto não potável de água abrange as seguintes modalidades:

- 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; e,
- V - Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

2.4.2 - Classificação de Reúso

A CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2018) destaca que o processo de reúso quanto ao método ocorre de maneira direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não:

- Reúso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).
- Reúso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reúso objetivado.
- Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

Já a ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental adota a classificação proposta por Westerhoff (1984), por meio do qual o reúso de água é dividido em dois grandes grupos: potável e não potável (Figura 5); podendo estes serem divididos ainda em direto ou indireto e com distintas finalidades, tendo em vista que a maioria dos usos não necessita de uma água com qualidade potável.

Figura 5 - Maiores tipos de reúso



Fonte: ABES (2015).

2.4.3 -Formas Potenciais de Reuso

Quando considerada para consumo humano a água de reúso ainda é uma alternativa com qualidade indesejável, ou imprópria, porém para vários outros usos preponderantes pode-se empregar esse recurso, como é o caso dos: usos urbanos em lavanderias, na lavagem de veículos e ruas, irrigação de jardins; uso industrial em aplicações e instalações industriais, produção de energia, torres de resfriamento e extração de combustíveis fósseis; uso na agricultura para irrigação de culturas alimentares, cultura de alimentos processados e para os não alimentares; como também na aquicultura.

A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, os custos de capital, de operação e de manutenção associados. As possibilidades e as formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais e disponibilidade (MANCUSO E SANTOS, 2003).

2.4.3.1 - Reúso de Água na Agricultura

O desenvolvimento agrícola depende da disponibilidade de água, tanto em quantidade quanto em qualidade, além do seu uso adequado, visando aumentar a produtividade e reduzir os impactos ambientais negativos (RAMALHO NETO et al, 2012).

No semiárido brasileiro a utilização de água de qualidade inferior em sistemas produtivos irrigados é em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola. Esse reúso contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, garantindo a produção agrícola em locais onde este fator de produção é escasso (LIMA JÚNIOR, 2013). Logo, o uso dessas águas aponta como uma alternativa para atender a demanda por água de forma pouco onerosa.

O emprego da água residuária na irrigação pode reduzir os custos de fertilização das culturas, bem como o nível requerido de purificação do efluente e, conseqüentemente, os custos de seu tratamento, uma vez que as águas residuárias contêm nutrientes e tanto o solo como as culturas comportam-se como biofiltros naturais (HARUVY, 1997). Ainda assim, esse uso deve ser sempre controlado, a fim de que o solo não seja contaminado.

Portanto, ao considerar o uso da água residuária na agricultura, é importante identificar os principais constituintes da preocupação com a irrigação agrícola. A sensibilidade da planta é geralmente uma função da tolerância a constituintes encontrados na zona de raiz ou depositada na folhagem, e a água residuária tende a ter concentrações mais altas de alguns desses constituintes do que as fontes de água subterrânea ou de superfície das quais o suprimento de água é extraído. Os tipos e concentrações de constituintes na água residuária dependem do abastecimento de água municipal, dos fluxos de resíduos influentes (isto é, contribuições domésticas e industriais), da quantidade e composição da infiltração no sistema de coleta de águas residuais, dos processos de tratamento e do tipo de armazenamento. A determinação da adequação de um determinado suprimento de água residuárias para uso como suprimento de irrigação agrícola é, em parte, específica do local, e as investigações agronômicas são recomendadas antes da implementação de um programa de reutilização agrícola (USEPA, 2012).

A comprovação da eficiência econômica do reúso agrícola da água requer custos mais baixos que outras soluções que tenham a mesma finalidade. Ou seja, quando considerados os custos de irrigação com outro tipo de água, ou o tratamento convencional de esgotos com o lançamento direto nos corpos d'água, esse sistema apresenta menores valores. O que significa que o custo do metro cúbico do efluente tratado deve ser menor que o custo da água para o irrigante e que o custo para o tratamento de esgotos será menor para a empresa de saneamento (WINPENNY *et al.*, 2010).

Levando em conta os efeitos causados pelas águas de reúso para irrigação agrícola sobre as plantas, os indicadores considerados importantes, segundo Mancuso e Santos (2007), são a salinidade, as substâncias tóxicas, o sódio, o cloro e os nutrientes.

Dentre os critérios existentes para classificar a água para uso na irrigação, um dos mais aceitos e usados, o do USSSL - United States Salinity Laboratory, baseia-se na RAS - Razão de Absorção de Sódio, para analisar o risco de sodicidade, e na CE - Condutividade Elétrica, para analisar o risco de salinidade da água (MOBUS, 2014).

A presença de sais em excesso (salinidade), oriundos do próprio solo ou da água, reduz a disponibilidade da água para as plantas, a tal ponto que afetam seus rendimentos. As culturas não respondem da mesma forma à salinidade: algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos (NOVULARI, 2003).

Mobus (2014) distribui as culturas quanto ao grau de tolerância à salinidade em:

- Pouco tolerantes: laranja, limão, maçã, pêra, amora, etc.
- Tolerantes: uva, tomate, couve-flor, cebola, alfafa, trigo, arroz, girassol, azeitona, aveia, etc.
- Muito tolerantes: aspargo, espinafre, algodão, cevada, beterraba, etc.

A Razão de Absorção de Sódio (RAS) refere-se ao risco de sodicidade (elevada quantidade da concentração de sódio em relação às de outros sais) no solo. Quando presente na água para irrigação o sódio pode ser adsorvido pelos solos levando-os ao endurecimento e consequente impermeabilização. Para determinar a quantidade de sódio prejudicial, é necessário analisar também os teores de cálcio e magnésio, visto que estes agem no deslocamento do sódio contido no solo (FREIRE, 2014). Assim, quanto maior a RAS, menos apropriada será a água para irrigação.

Mobus (2014) afirma que as classes de salinidade, de acordo com os limites apresentados por Richards (1954), são:

- **C0**: - águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação;
- **C1**: - águas de salinidade fraca, CE compreendida entre 100 e 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C. Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes provenientes da salinização do solo, exceto se a permeabilidade do solo for extremamente fraca;

- **C2:** - águas de salinidade média, CE entre 250 e 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ainda serem cultivados na maioria dos casos;
- **C3:** - águas de alta salinidade, CE entre 750 e 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C. Só Podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo em solos bem cuidados, devem ser tomadas precauções especiais para evitar a salinização, e apenas os vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados;
- **C4:** - águas de salinidade muito alta, com CE entre 2250 e 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Geralmente não servem para irrigação, podendo ser, excepcionalmente, utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados nestas condições;
- **C5:** - águas de salinidade extremamente alta, CE entre 5000 e 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C. São águas utilizáveis apenas em solos excessivamente permeáveis e muito bem cuidados. A única exceção , o cultivo de palmeiras.

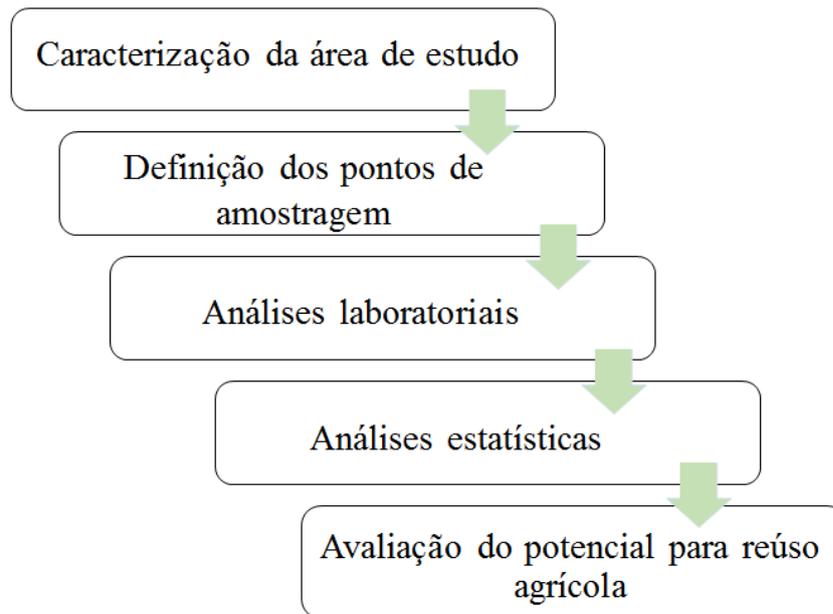
Considerando como base valores limites de RAS, as águas são classificadas em quatro categorias:

- S1 ($\text{RAS} < 18,87 - 4,44\log\text{CE}$) – águas fracamente sódicas. Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Se prestam ao cultivo de quase todos os vegetais;
- S2 ($18,87 - 4,44\log\text{CE} < \text{RAS} < 31,31 - 6,66\log\text{CE}$): águas medianamente sódicas, apresentam perigo de sódio para solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizados nos solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica), com boa permeabilidade;
- S3 ($31,31 - 6,66\log\text{CE} < \text{RAS} < 43,75 - 8,87\log\text{CE}$): águas altamente sódicas. Ha perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo os gipsíferos. Exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica), e podem ser utilizadas em vegetais com alta tolerância ao sódio;
- S4 ($\text{RAS} > 43,75 - 8,87\log\text{CE}$): águas extremamente sódicas, geralmente imprestáveis para a irrigação, salvo se a salinidade global for fraca, ou pelo menos média. Podem ser aplicadas em solos altamente drenáveis ricos em carbonatos.

3.0 METODOLOGIA

As etapas metodológicas realizadas no trabalho estão apresentadas na Figura 6, e estas são detalhadas no decorrer no capítulo.

Figura 6 - Fluxograma das etapas metodológicas



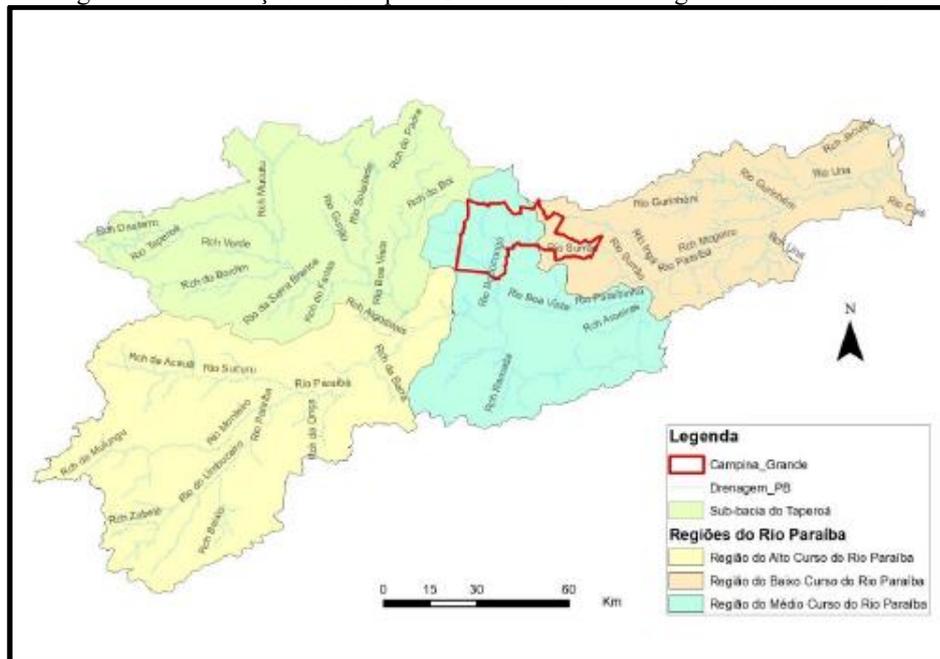
Fonte: Autora (2018).

3.1 - Caracterização da área de estudo

O presente estudo tem como base a bacia urbana do Prado, localizada em Campina Grande (7° 13' 51'' Sul e 35° 52' 54'' Oeste), município brasileiro no estado da Paraíba. Pertencente à Região Geográfica Imediata e Intermediária de Campina Grande. Localizada na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, mais especificamente entre as regiões das sub-bacias do baixo e médio curso do Rio Paraíba (Figura 7).

De acordo com IBGE (2017), o município de Campina Grande possui uma população estimada de 410.332 habitantes, ocupando uma área de 593,026 km², que resulta numa densidade demográfica de 691,929 hab/ (km²). Ainda fazem parte do município de Campina Grande os seguintes distritos: Catolé de Boa Vista, Catolé de Zé Ferreira, São José da Mata, Santa Terezinha e Galante.

Figura 7 - Localização de Campina Grande na bacia hidrográfica do rio Paraíba



Fonte: Henriques (2014).

Segundo Macedo et al (2011) a referida cidade situa-se a aproximadamente 550 m acima do nível do mar e dista 120 km da capital do estado, João Pessoa. Localizada na mesorregião Agreste, na parte oriental do Planalto da Borborema, o clima predominante é o semiárido quente, apresentando precipitação anual média variando entre 700 mm e 800 mm.

Campina Grande tem como prestadores de serviços de saneamento básico, referentes à água e esgoto a CAGEPA -Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba, e resíduos sólidos a SESUMA -Secretária de Serviços Urbanos e Meio Ambiente.

A água que abastece Campina Grande é proveniente do Açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão), de onde é captada e transportada por uma adutora até a estação de tratamento Gravatá de Boqueirão. Após o tratamento, a água é conduzida por 4 adutoras para os principais reservatórios, situados na sede do município, e distribuída à população através da rede de distribuição (HENRIQUES, 2014).

De acordo com Freire (2014), o sistema de esgotamento sanitário implantado na cidade é do tipo separador absoluto, com o intuito de assegurar a disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos efluentes. Mesmo com este sistema, a cidade vem enfrentando problemas com a ocorrência de inundações que aumentam a cada ano, isso devido ao crescimento desordenado, ao uso do solo associado às práticas inadequadas de disposição de

resíduos sólidos e líquidos nos sistemas de drenagem, como também ao limitado controle de operação e manutenção das estruturas físicas desses sistemas.

O sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande estende-se por três bacias, sendo duas bacias que contribuem para a estação de tratamento do bairro da Catingueira - a bacia Depuradora e a bacia Bodocongó - e uma bacia que contribui para a estação de tratamento do bairro Glória – bacia Glória. É constituído de dois interceptores principais (Interceptor da Depuradora - Leste e Interceptor de Bodocongó - Oeste), um emissário (Emissário da Catingueira), duas Estações de Tratamento de Esgoto (bairro Catingueira e bairro Glória) e cinco elevatórias (LIMA, 2013).

O mesmo possui uma extensão de 352, 52 km, apresenta um total de 14.385 em 1000m³/ano em volumes de esgotos coletados e tratados (SNIS – Sistema Nacional de Saneamento Básico, 2016). E segundo o Trata Brasil (2018), 93,90% da população urbana tem seu esgoto coletado.

3.1.1 – Sistema de Drenagem Urbana de Campina Grande:

A drenagem da cidade de Campina Grande é composta por um sistema de microdrenagem como bocas de lobo, sarjetas, poços de visitas, tubos de ligação e galerias, e um de macrodrenagem que compreende canais trapezoidais e retangulares, em sua maioria abertos. Dentre os canais, têm-se o canal das Piabas, do Prado, de Bodocongó, da Ramadinha, das Malvinas, de Santa Rosa, entre outros, construídos com o objetivo de afastar as águas pluviais o mais rápido possível e conduzi-las para os corpos hídricos mais próximos (FREIRE, 2014), e engloba 3 principais Bacias Urbanas: Piabas, Bodocongó e Prado.

A Bacia do Prado é o objeto deste estudo, sendo assim será descrita com maiores detalhes a seguir.

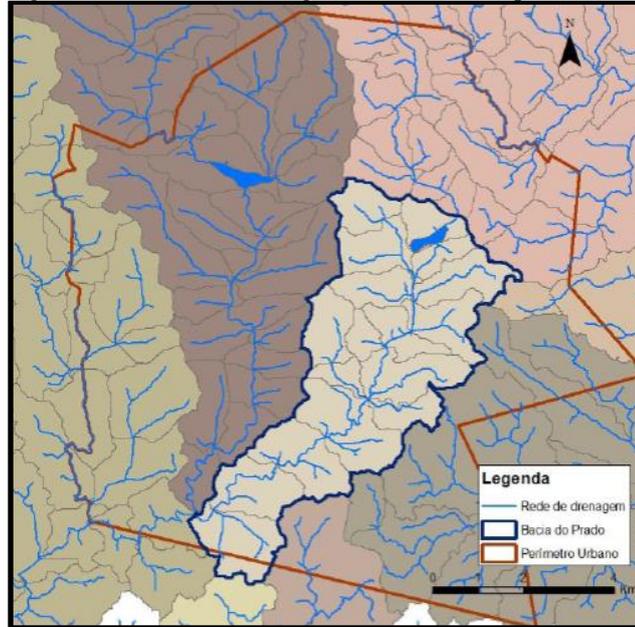
Bacia Urbana do Prado

A Bacia Urbana do Prado (Figura 8) possui uma área de 37,15 km² e um perímetro de 43,78 km, sendo composta por 13 sub-bacias. Esta também compreende de forma parcial e/ou total 22 bairros.

O canal em estudo foi o Canal do Prado, sendo este o talvegue da bacia de mesmo nome. O referido canal tem início no extravasor das águas excedentes do Açude Velho (7° 13'

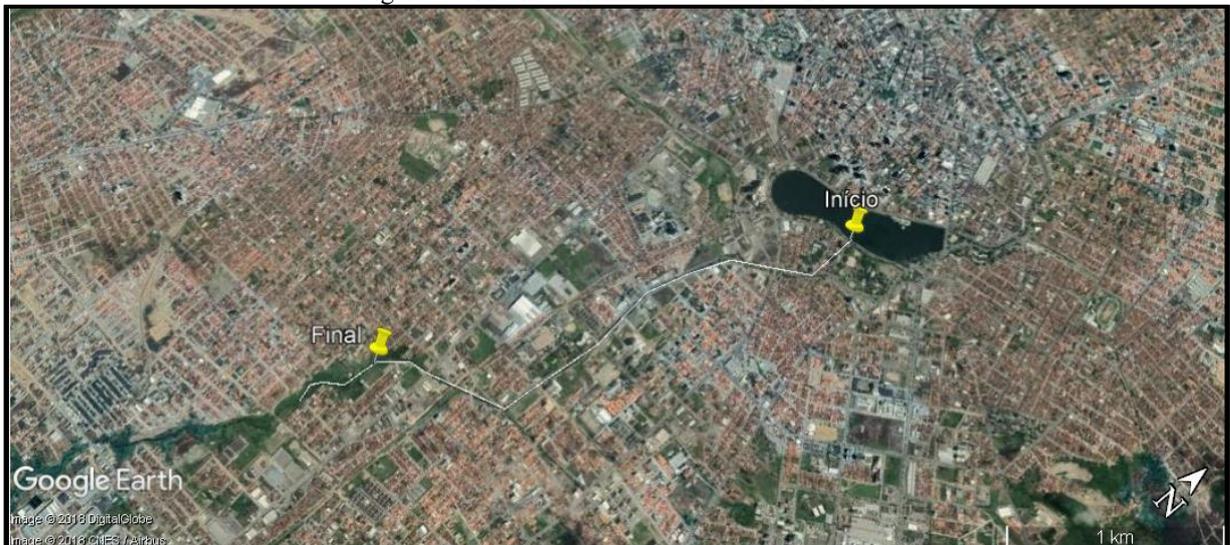
35,8" Sul e 35° 52' 47,7" Oeste), e término no bairro Jardim Paulistano, nas coordenadas 7° 14' 47,6" Sul e 35° 53' 22,1" Oeste; após este ponto, o canal deixa de ter seu revestimento, seguindo seu percurso até desaguar no Riacho Bodocongó, o qual é afluente do Rio Paraíba, principal rio do estado (HENRIQUES, 2014), como está apresentado na Figura 9.

Figura 8 - Sistema de drenagem urbana de Campina Grande



Fonte: Henriques (2014).

Figura 9 - Trecho canalizado do canal do Prado



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2017).

Apesar de ser dotada de sistema de esgotamento, a cidade enfrenta alguns problemas quanto ao lançamento de esgoto a céu aberto e nos corpos hídricos, além da presença de ligações clandestinas de esgotos na rede de drenagem pluvial, isto se deve à ausência ou deficiência do

sistema adotado, bem como à falta de controle e fiscalização dos usuários dos sistemas (FREIRE, 2014).

3.2 - Pontos de amostragem

Com o objetivo de realizar a caracterização e avaliação da qualidade da água de drenagem para ser utilizada na irrigação, foram selecionados 6 pontos amostrais (Figura 10) ao longo do canal, os quais estão descritos na Tabela 2. Na Figura 11 é ilustrado a distribuição dos pontos na Bacia Urbana no Prado.

Tabela 2 - Identificação dos pontos de coleta

Pontos de Coleta	Coordenadas	Altitude (m)
Ponto 1	7° 13' 44,76" S 35° 52' 47,4" O	513
Ponto 2	7° 13' 59,96" S 35° 53' 01,55" O	508
Ponto 3	7° 14' 18,72" S 35° 53' 01,86" O	504
Ponto 4	7° 14' 36,53" S 35° 53' 2,74" O	500
Ponto 5	7° 14' 41,94" S 35° 53' 15,67" O	498
Ponto 6	7° 14' 59,44" S 35° 53' 24,81" O	497

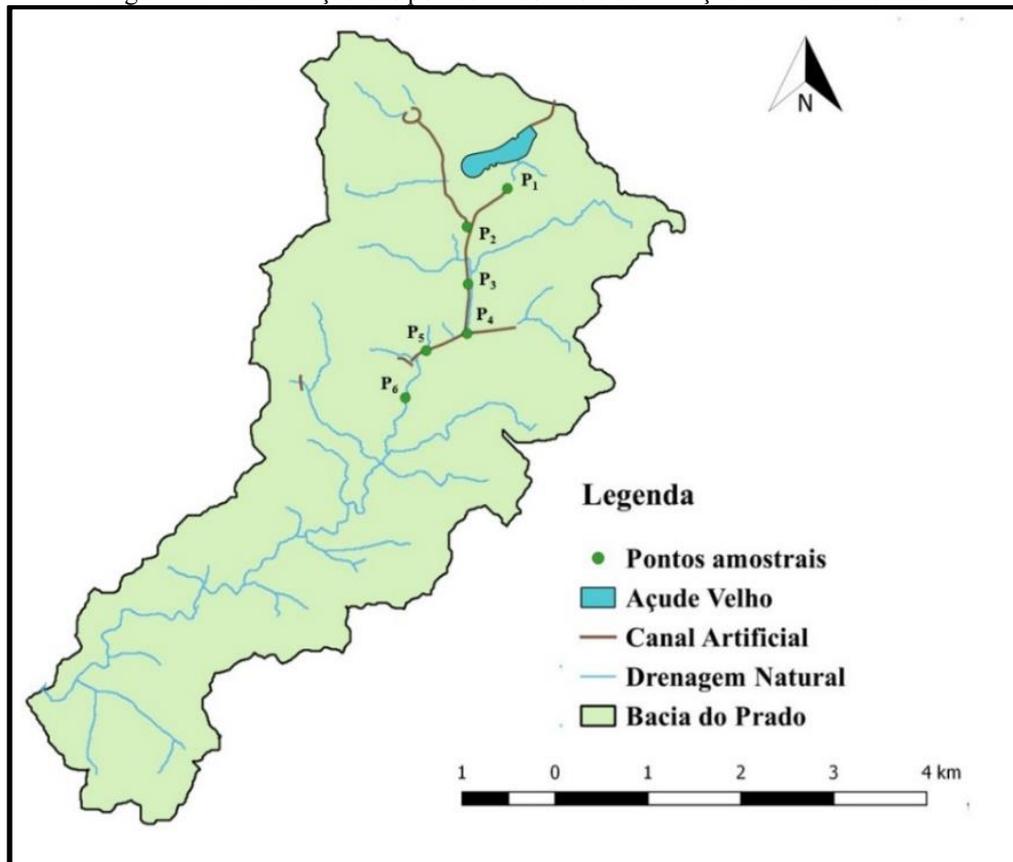
Fonte: Autora (2018).

Figura 10 - Pontos de obtenção das amostras.



Fonte: Autora (2018).

Figura 11 - Localização dos pontos amostrais e delimitação da área de estudo



Fonte: Autora (2018).

3.3 - Coleta de dados

Os dados utilizados para as análises físico-químicas foram obtidos durante o período de monitoramento dos pontos, realizados semanalmente, de 05 de maio de 2018 a 21 de junho de 2018. No total foram realizadas dez coletas em cada ponto, número que é possível exprimir a realidade da qualidade da água do canal. As amostras foram coletadas manualmente com auxílio de balde e corda (Figura 12).

Após as coletas as amostras foram transferidas para recipientes de polietileno com capacidade para 1000mL identificados previamente. A medida da temperatura foi realizada *in loco* e os recipientes foram acondicionados em caixa térmica para facilitar o transporte.

Figura 12 - Execução da coleta de amostras.



Fonte: Autora (2018).

3.4–Indicadores analisados

Tendo em vista que os parâmetros a serem considerados na avaliação da qualidade da água para irrigação devam contemplar o conjunto de características físicas e químicas, a fim de definir sua adequação ou não para uso, foram empregados os seguintes parâmetros físico-químicos (na Tabela 3) na caracterização e monitoramento das amostras: Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Dureza Total, Condutividade Elétrica, Sódio e Turbidez.

Tabela 3 - Indicadores físico-químicos utilizados, métodos analíticos e referência

Parâmetros	Métodos	Referência
Temperatura	Medição com termômetro de filamento de mercúrio	
pH	Medição com pHmetro	
Nitrogênio Kjeldahl	Método titulométrico de Kjeldahl	(APHA, 2012)
Fósforo Total	Ácido-ascórbico	
Dureza Total	Método titulométrico com EDTA	
Condutividade Elétrica	Método instrumental- condutivímetro	
Sódio	Fotometria de chama	
Cálcio	Fotometria de chama	
Turbidez	Nefelométrico	

Fonte: Autora (2018).

3.5 – Análises estatísticas

Para avaliação da variação espaço-temporal dos dados foi utilizado o programa Excel do pacote Microsoft Office 2015. Posteriormente, com auxílio do Action Stat (plugin do programa supracitado) foi possível realizar o método gráfico Box Plot com vistas a verificar a dispersão dos dados. Além do mais, foi realizado uma análise descritiva para os parâmetros, média, mediana, máximo, mínimo e coeficiente de variação.

3.6 – Avaliação do Potencial do Reuso Agrícola

Para avaliar o potencial da água para o reuso agrícola foi utilizado como base a classificação da água segundo os critérios adotados pelo USSL. Para tanto, utilizou-se o software Qualigraf, para auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras d'água.

A classificação das águas para irrigação é determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, o potássio, o cloreto e o sulfato, e por parâmetros como os sais dissolvidos, a condutividade elétrica e a concentração total de cátions, que influenciam de maneira diferenciada no crescimento de cada espécie vegetal (FUNCEME, 2014).

Para estabelecer o RAS é necessário verificar ao mesmo tempo os teores de sódio, cálcio e magnésio. O programa calcula utilizando a Equação 1, apresentando os resultados na forma tabular (Tabela 4) e gráfica, a categoria de cada amostra na classificação do USSL.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

RAS = Razão de Adsorção de Sódio

Na⁺ = Concentração de sódio (mg/ L)

Ca²⁺ = Concentração de cálcio (mg/ L)

Mg²⁺ = Concentração de magnésio (mg/ L)

Tabela 4 - Categorias adotadas pelo USSL

Categoria de Risco de Salinidade	Salinidade da água	Categoria de risco de Sódio	Presença de Sódio
C0	Fraquíssima		
C1	Fraca	S1	Fraca
C2	Média	S2	Mediana
C3	Alta	S3	Alta
C4	Muito Alta	S4	Extremamente Alta
C5	Extremamente Alta		

Fonte: Adaptado de FUNCEME (2014).

4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos indicadores de qualidade da água analisados ao longo do canal do Prado, bem como a análise estatística realizada para todos os indicadores. Tendo como objetivo visualizar as características e a distribuição do conjunto de dados, foi utilizado o método gráfico Box Plot para os indicadores Turbidez, Dureza, Fósforo e Nitrogênio, possibilitando melhor visualização de informações sobre medidas de tendência central e de dispersão, além da verificação da presença de outliers, compreendidos como valores extremos.

Posteriormente, de acordo com os critérios do United States Salinity Laboratory (USSL), foi realizada uma abordagem a respeito da classificação da água irrigação.

Enfatiza-se que conforme o enquadramento dos corpos d'águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba, elaborado pela SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente através das diretrizes do SELAP - Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras de 1988, as águas do Riacho do Prado são enquadradas na classe 3. Contudo, a referida diretriz não apresenta limites para os indicadores que qualificam a água. Logo, foi adotada a classe 3, da Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente Nº 357 de 17 de março de 2005, como medida de verificação da conformidade para os limites dos indicadores estudados. Tendo em vista que essa resolução apresenta os mesmos usos preponderantes da diretriz supracitada.

A classe 3 supracitada se caracteriza como águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

4.1 - Variação qualitativa da água:

4.1.1 - Potencial Hidrogeniônico - pH:

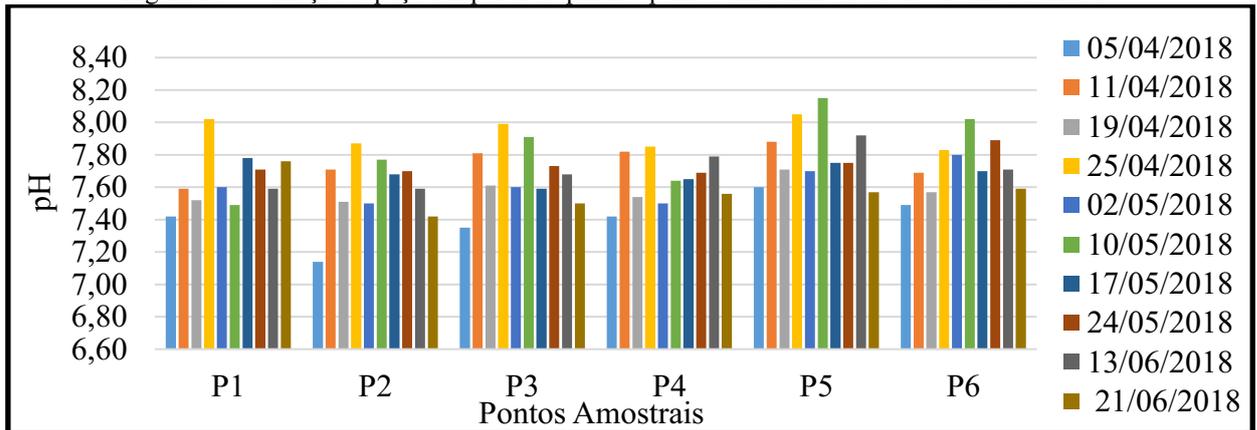
O pH avaliado nos pontos no Canal do Prado variou na faixa entre 7,14 e 8,15. Todas as amostras coletadas indicaram pH dentro da faixa aceitável pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de 6,0 a 9,0.

Por meio da Figura 13 pode ser observado um valor médio de pH igual a 7,7. Exceto nos dias 25 de abril e 10 de maio, em que os pontos apresentaram valores mais elevados quando

comparado aos demais dias de campanha amostral, decorrente da precipitação que ocorreu em tais dias e que carregou sedimentos que elevaram esse pH.

Caminha (2014) avaliou a degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande e obteve a mesma faixa de variação para o pH encontrada no presente estudo.

Figura 13 - Variação espaço temporal do pH nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado

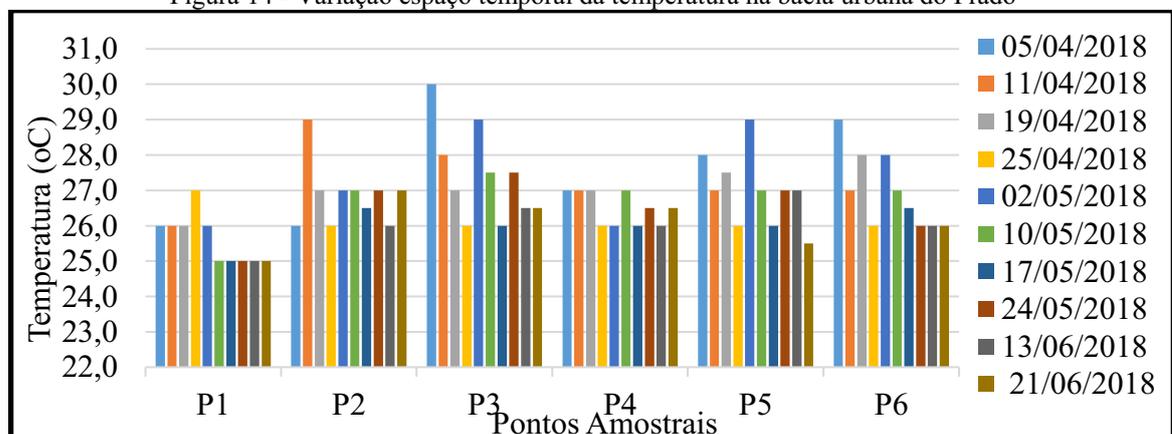


Fonte: Autora (2018).

4.1.2 - Temperatura

A temperatura é um importante indicador que recebe influência de vários fatores eminentemente ambientais. Nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado foram obtidas temperaturas na faixa de 25 a 30°C (Figura 14), sendo na maioria das amostras superior à temperatura mínima ambiente da região e em algumas exceções ainda foi superior a máxima temperatura ambiente.

Figura 14 - Variação espaço temporal da temperatura na bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

4.1.3 - Condutividade Elétrica:

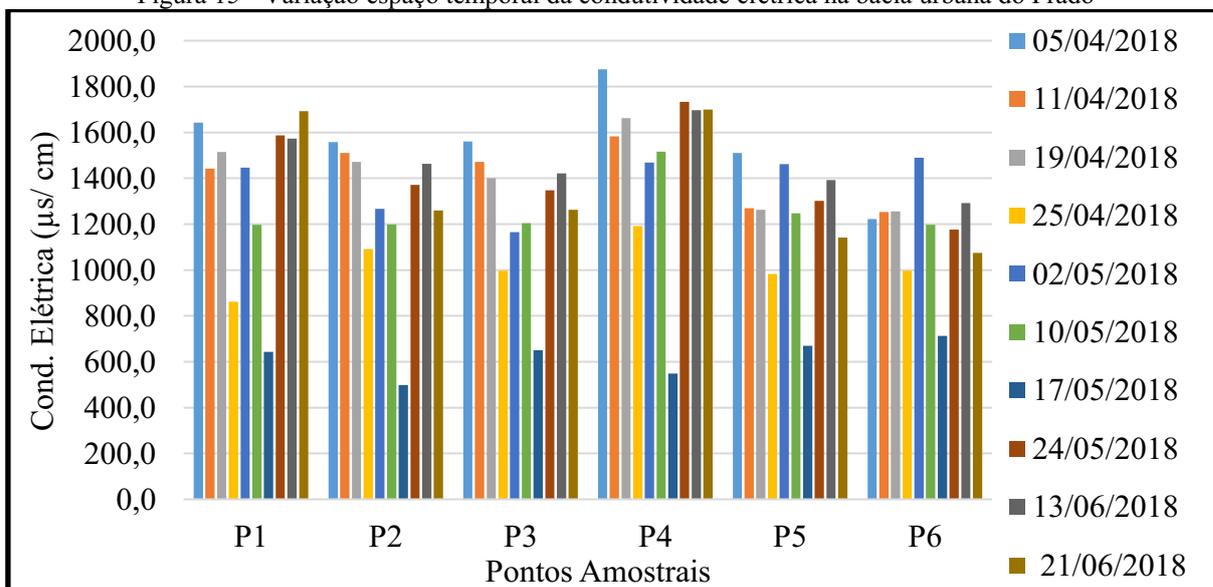
De acordo com Freire (2014) a água ao escoar pelo solo dissolve e transporta diversos materiais para os corpos hídricos, entre esses os sais. E a condutividade elétrica da água tem proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos em uma amostra.

Os valores de condutividade elétrica, apresentados na Figura 15, representam uma variação espaço temporal, com concentrações variando entre 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1875 $\mu\text{S}/\text{cm}$, durante o período de coleta. A média geral dos dados foi de 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que representa um valor extremamente alto quando comparado, por exemplo, ao valor máximo de CE igual a 586 $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtido no estudo desenvolvido por Coelho (2013) em relação aos canais de drenagem urbana de Santos – SP.

Percebe-se que os valores referentes aos dias 25 de abril e 17 de maio se destacam diante dos outros, por apresentarem menores valores. Ocasionalmente principalmente pelas precipitações observadas dois dias antes da coleta bem como no próprio dia da coleta, diluindo a concentração de sais.

Além do mais há uma leve tendência de decaimento dos valores de CE dos pontos P1 ao P6, pelo fato de ao longo do talvegue principal do canal as concentrações serem diluídas. Com exceção do ponto P4, que apresenta os maiores valores em relação aos demais, devido ao mesmo encontrar-se em um tributário do canal do Prado que recebe contribuições significativas contínuas de esgotos domésticos.

Figura 15 - Variação espaço temporal da condutividade elétrica na bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

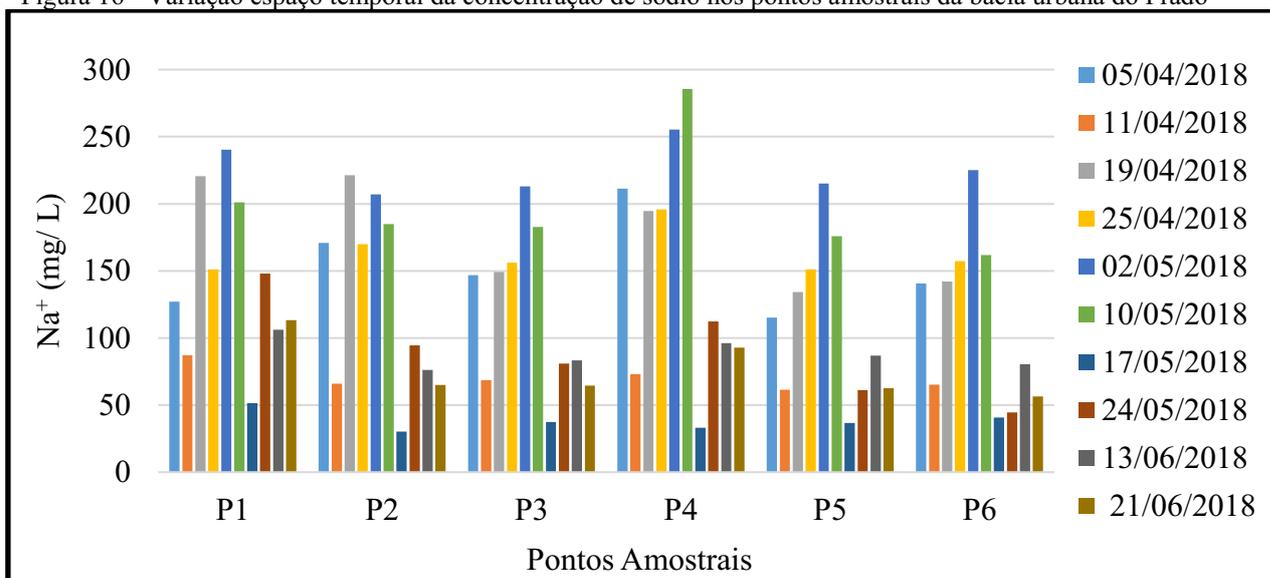
A Resolução CONAMA 357/2005 não especifica valor limite para a condutividade elétrica, contudo a CETESB (2009) aponta que acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, existe a possibilidade de entrada de esgoto no ambiente.

4.1.4 - Sódio

Nas amostras analisadas a concentração de sódio (Figura 16) variou de 30,16 a 285,56 mg/L. Caracterizando uma grande variação temporal, visto que nos dias 05,19 e 25 de abril, 02 e 10 de maio obteve-se valores bem superiores aos demais verificados.

A Resolução do CONAMA supracitada não apresenta limites para o íon sódio. Entretanto Ayers & Westcot (1999) estabeleceram o limite de 69 mg/L, sendo assim a maioria das amostras coletadas no canal do Prado está acima, ou seja, o íon sódio nessas águas podem causar danos às culturas trazendo problemas de toxicidade.

Figura 16 - Variação espaço temporal da concentração de sódio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado

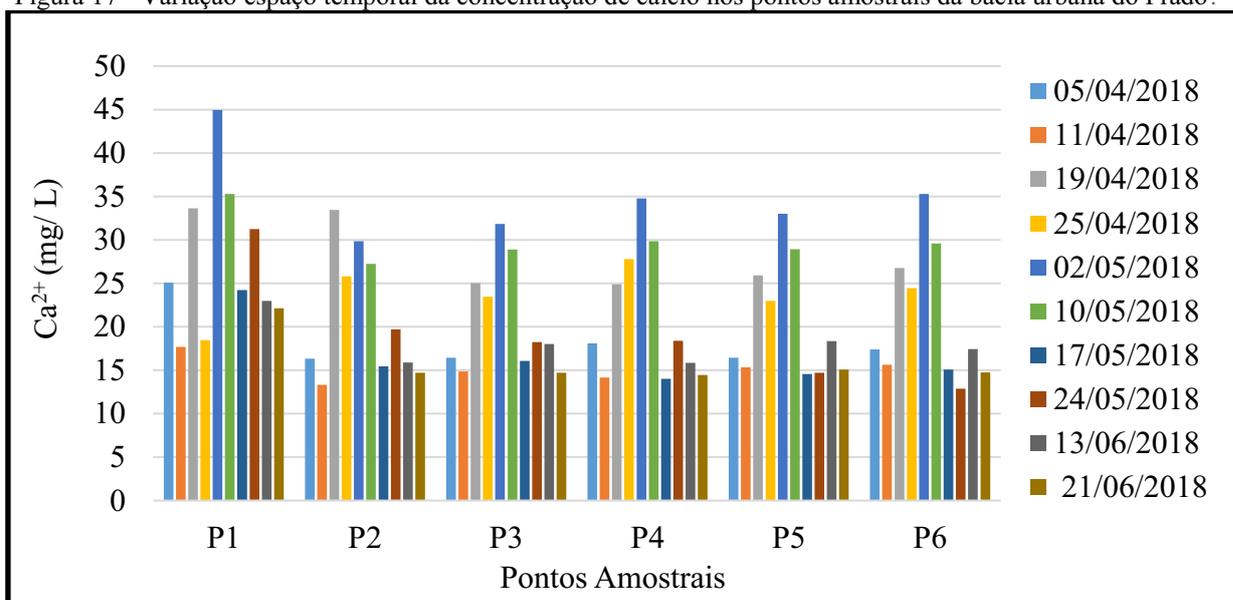


Fonte: Autora (2018).

4.1.5 - Cálcio:

A variação da concentração de cálcio (Figura 17) se manteve na faixa de 12,88 a 35 mg/L, exceto para o ponto P1 no dia 02 de maio, que se sobrepôs diante dos demais pontos analisados apresentando um valor de 45 mg/L.

Figura 17 - Variação espaço temporal da concentração de cálcio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado.



Fonte: Autora (2018).

4.1.6 – Turbidez

A Turbidez é uma característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos. A presença destas partículas provoca dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (INSTITUTO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS, 2017).

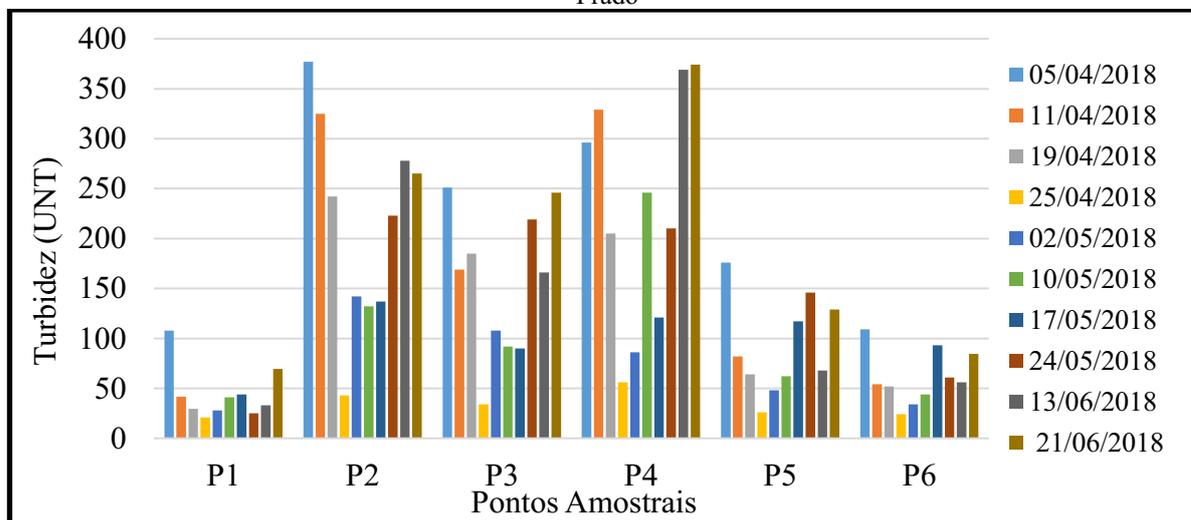
Os valores de Turbidez nos pontos amostrais em estudo (Figura 18), variaram de 21 a 374 UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez, evidenciando uma heterogeneidade nos resultados, ou seja, apresentando grande dispersão. Esse fato é decorrente de fatores externos que exercem influência sobre o canal. Salienta-se que como o mesmo é aberto está sujeito a influência de precipitação.

Como pode ser observado, os pontos P2, P3 e P4 se destacam diante dos demais por apresentarem valores bem elevados. Isso se deve principalmente pelo fato dos pontos P2 e P4 estarem situados em canais que recebem aporte de resíduos sólidos dispostos inadequadamente pela população, e o P3 além de ser consequência do ponto 2, recebe contribuição de um canal subterrâneo de parte do catolé.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para se enquadrar na classe 3, a turbidez deve apresentar o valor limite máximo de 100 UNT. Confrontando com os dados encontrados

no estudo constatou-se que todos os pontos amostrais, em pelo menos um dia de coleta apresentou um valor de turbidez que excedeu esse limite.

Figura 18 - Variação espaço temporal da concentração de turbidez nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

4.1.7 – Nitrogênio Kjeldahl (NTK)

O NTK, que engloba nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico, é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, daí a importância de sua análise.

A Resolução CONAMA 357/2005 não determina limites para o nitrogênio kjeldahl, só refere-se ao amoniacal total. Contudo, ao analisar os valores dos resultados de nitrogênio NTK, para as amostras coletadas na bacia urbana do Prado, apresentadas na Figura 19, percebe-se que os mesmos estão em sua maioria com os valores típicos de esgoto médio, conforme apresentado por Jordão e Pessôa (2009) na Tabela 5. Isso vem a enfatizar que as águas do canal recebem contribuições clandestinas de esgotos domésticos.

O ponto amostral P1 apresenta as menores concentrações de Nitrogênio total, quando comparado aos demais pontos, principalmente pelo fato de estar localizado na porção de montante do canal, sendo assim menos sujeito ao lançamento de esgotos. Enquanto que, o ponto P4 apresentou as maiores concentrações, indicando que o foco de poluição encontra-se próximo.

A carga desse nutriente proveniente das águas do canal do Prado favorece o desenvolvimento de culturas, evitando assim compra de fertilizantes que por ventura teriam que

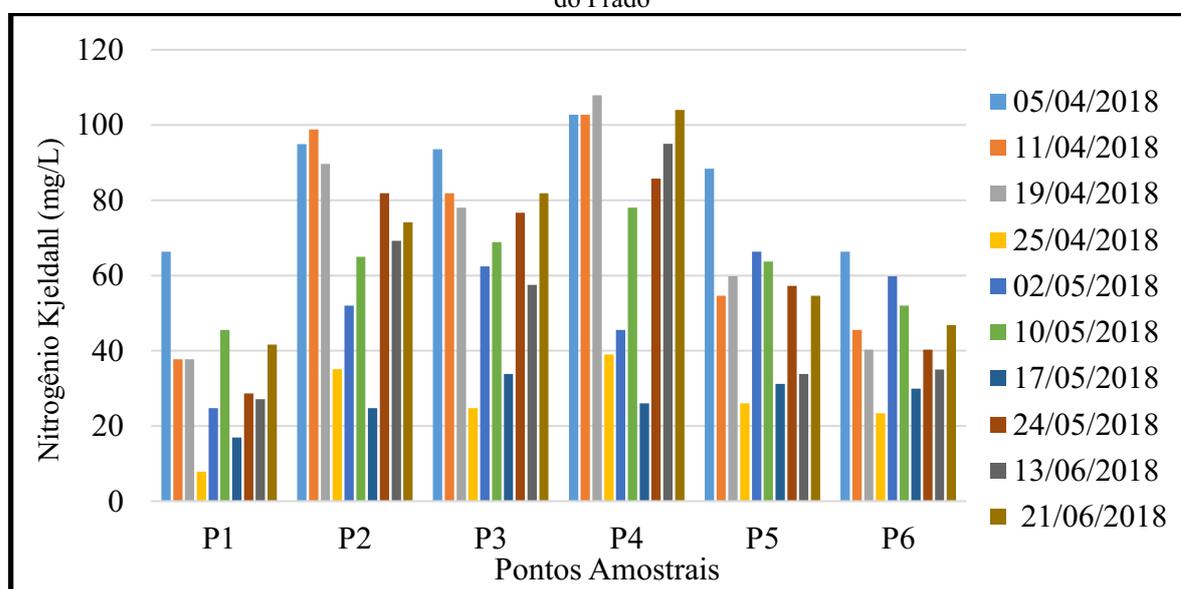
ser comprados caso a irrigação fosse realizada com uma água de rede de abastecimento ou outra que não tivesse a mesma quantidade de nitrogênio.

Tabela 5 - Valores típicos de parâmetros de carga orgânica (mg/L) no esgoto

Indicador	Esgoto Forte	Esgoto médio	Esgoto Fraco
Nitrogênio Total	85	40	20
Fósforo Total	20	20	5

Fonte: Jordão e Pessoa (2009).

Figura 19 - Variação espaço temporal da concentração de nitrogênio NTK nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado



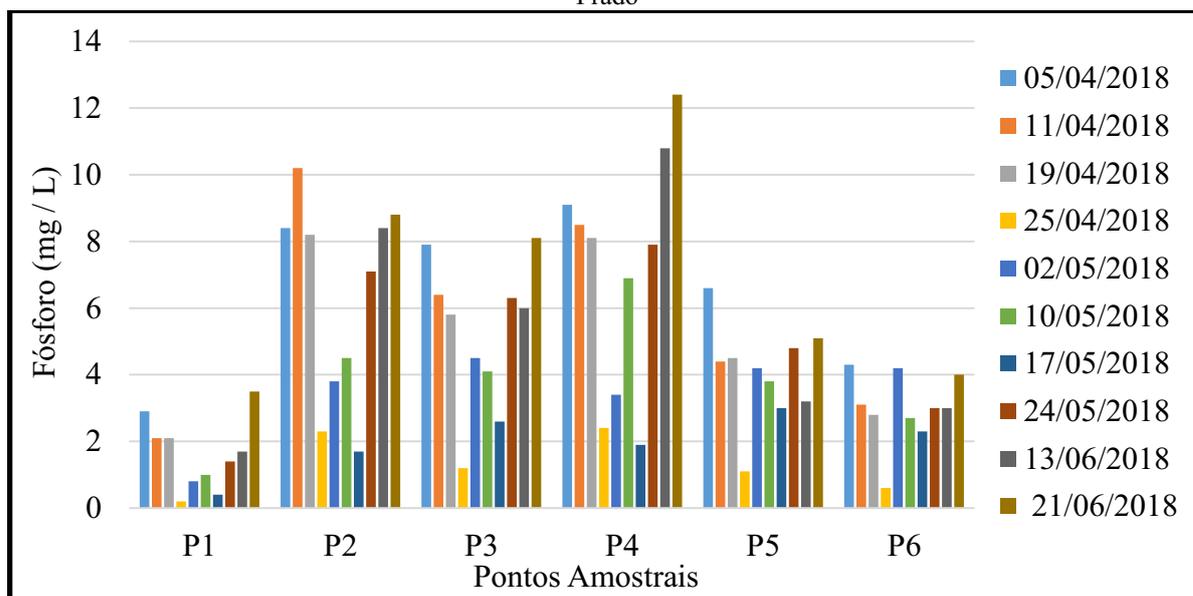
Fonte: Autora (2018).

4.1.8 – Fósforo Total

Os valores resultantes das análises de fósforo nos pontos amostrais, indicam teor desse mineral muito acima do limite máximo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 de 0,15 mg/L.

Analisando a Figura 20 torna-se visível a diferença do ponto P1 aos demais, suas concentrações bem menores podem ser justificadas pela razão de ser o ponto extremo montante do canal. Somente a partir no ponto P2, que recebe as contribuições de um tributário do canal, os valores correspondentes a concentração de fósforo aumentam. O mesmo acontece para o P4, outro tributário do talvegue principal do canal do Prado, que apresenta a pior situação quanto aos valores de fósforo diante os outros pontos.

Figura 20 - Variação espaço temporal da concentração de fósforo total nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

Para classificação do indicador em questão quanto ao nível trófico, proposto por Toledo (1990), que avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes, adotando os estados de trofia, conforme Tabela 6:

Tabela 6 - Limites para diferentes níveis de estado trófico

Critério	Estado Trófico	Fósforo Total (mg/ L)
$IET \leq 24$	Ultraoligotrófico	$\leq 0,006$
$24 < IET \leq 44$	Oligotrófico	0,007 - 0,026
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico	0,027 - 0,052
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico	0,053 - 0,211
$IET > 74$	Hipereutrófico	$> 0,211$

Fonte: Lamparelli (2004); Toledo (1990).

Constata-se que todos os valores de fósforo encontrados durante o período das campanhas amostrais, enquadram as águas do canal do Prado no estado hipereutrófico. Sendo assim, verifica-se que o corpo d'água é afetado significativamente pelas concentrações de matéria orgânica e nutrientes.

Esses dados e os valores típicos de fósforo no esgoto (Tabela 5) podem estar relacionados a despejos domésticos no canal em estudo.

A quantidade de fósforo, assim como a do nitrogênio, torna-se uma vantagem para o reúso das águas do canal, pois são fonte de nutrientes para as plantas, reduzindo, assim, custos com a aquisição de fertilizantes e promovendo o aumento da produtividade agrícola.

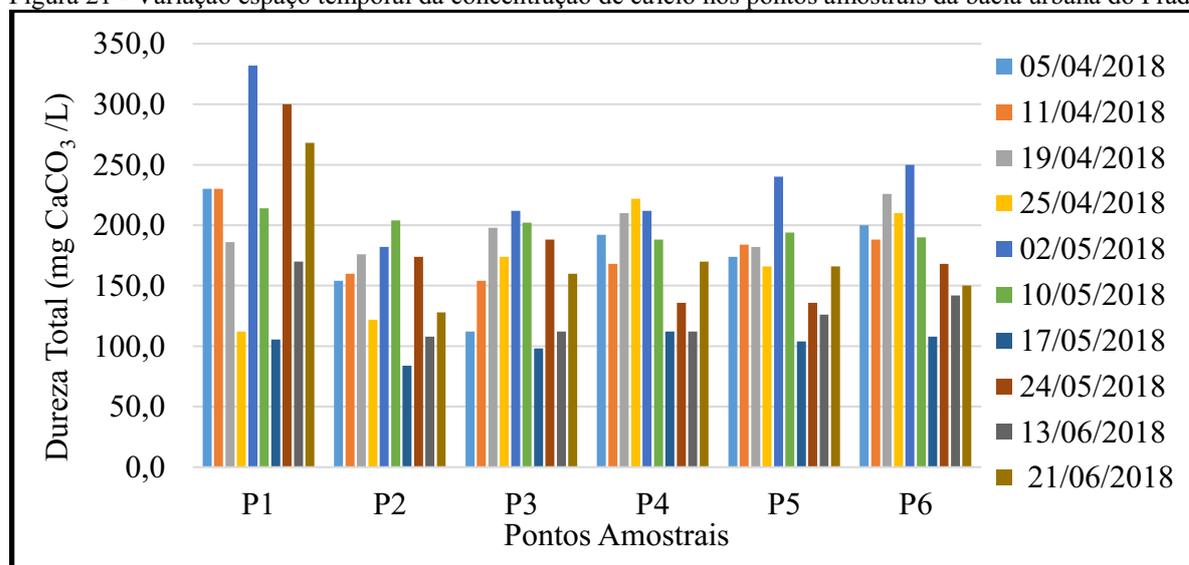
4.1.9 – Dureza Total

A dureza da água é classificada em: mole ou branda (< 50 mg/L de CaCO₃); dureza moderada (50 mg/L a 150 mg/L de CaCO₃); dura (150 mg/L a 300 mg/L de CaCO₃); e muito dura (> 300 mg/L de CaCO₃) (BRASIL, 2006). A partir disso as águas de drenagem do canal do Prado podem ser ditas como duras, pelo fato de a maioria das análises realizadas durante o período das campanhas amostrais apresentarem valores superiores a 200 mg/L de CaCO₃.

Os valores da dureza total apresentados nos seis pontos de coleta (Figura 21), exibiram significativa variação, atingindo uma amplitude de 248 mg/L entre os mesmos. Com destaque para o ponto de coleta P1, que apresentou valores de dureza elevados em comparação com os demais pontos, pois obteve valor médio de 214,75 mg/L, bem como uma grande variação entre seus dados. Isso se deve ao fato do P1 receber as águas excedentes do açude velho e estas serem dotadas de grande quantidade de íons dissolvidos.

Há uma tendência de diluição ao longo dos pontos do talvegue principal do canal do Prado, essa situação não ocorre para os pontos P2 e P4 em razão de estarem localizados em tributários do canal e recebem contribuições que podem distinguir seus valores dos demais, como também para o P6 por estar no canal natural e sofrer influências antrópicas.

Figura 21 - Variação espaço temporal da concentração de cálcio nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado

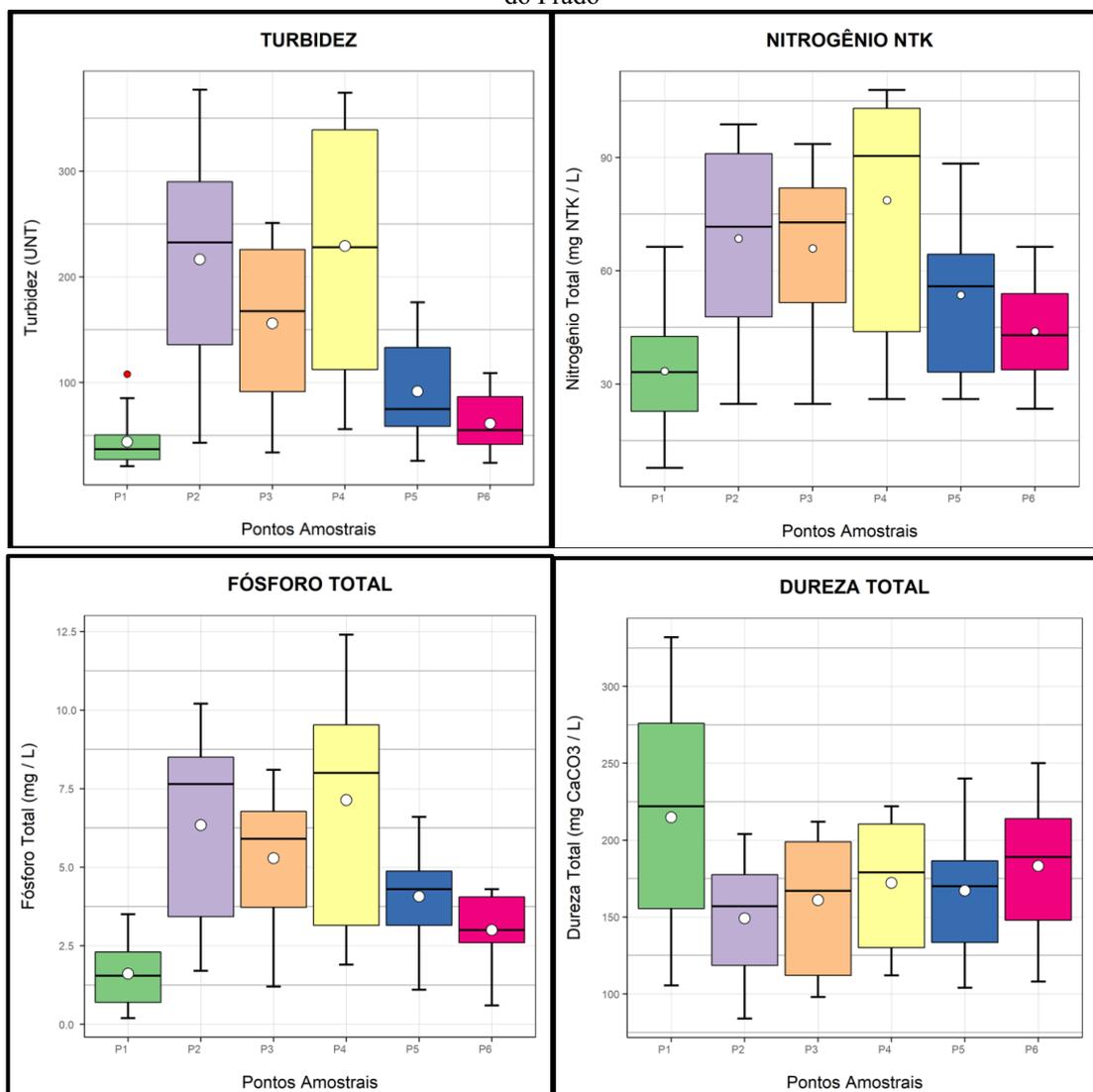


Fonte: Autora (2018).

4.2 – Análises Estatísticas

Para a apresentação da análise estatística, foram gerados gráficos Box Plot para os indicadores escolhidos, Turbidez, Nitrogênio NTK, Fósforo Total e Dureza, ilustrado na Figura 22, por estes apresentarem uma caracterização qualitativa mais completa. A partir dos Box Plot foi possível visualizar os conjuntos de dados com maior dispersão, possibilitando assim visualizar médias, medianas e dispersão de dados. As extremidades do gráfico representam os valores máximos e mínimos dos resultados, a linha no centro do retângulo determina a mediana e o círculo branco a média.

Figura 22 - Gráficos Box Plot para turbidez, NTK, fósforo e dureza total, nos pontos amostrais da bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

O pH e a temperatura foram os indicadores que apresentaram menor dispersão no seu conjunto de dados. Já a turbidez, o nitrogênio, o fósforo, o sódio e o cálcio, apresentaram altos valores de coeficiente de variação, refletindo uma maior susceptibilidade de variação frente aos demais.

O ponto P1, pode ser bem representado através da Figura 22, pois diante dos outros pontos foi o que apresentou os menores valores para Fósforo, Turbidez e Nitrogênio, e o maior para Dureza. Esses resultados são compatíveis com a localização de tal ponto, que se encontra situado a montante de todas as concentrações diretas do canal do Prado, ou seja, não recebe grande carga poluidora e é onde os íons encontram-se menos diluídos.

Os indícios de poluição começam a aumentar a partir do ponto P2, pois de acordo com Henriques (2014) é um dos pontos que representa qualitativamente a maior vazão contribuinte, iniciando sua rede de drenagem no Bairro Bela Vista, passando pela Prata, São José, Estação Velha até chegar ao canal em estudo.

Verifica-se que há presença de um outlier para a turbidez, isto é, um valor extremo, no grupo amostral do ponto 1. Tal ocorrência foi ocasionada pela contribuição urbana resultante de precipitações.

Os dados encontrados de todos os indicadores em cada ponto amostral foram sujeitos a uma análise estatística descritiva, estabelecendo medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (mínimo, máximo e coeficiente de variação).

A partir dos resultados encontrados na Tabela 7, compreende-se o comportamento dos indicadores analisados e das características dos pontos amostrais na Bacia Urbana do Prado.

Os valores médios destes indicadores, para a maioria dos pontos, apresentaram resultados similares aos estabelecidos por Jordão e Pessoa (2009) para esgotos, que são 40 mg/L para NTK e 5 mg/L para fósforo.

Os altos valores encontrados para os nutrientes fósforo e nitrogênio, permitem que ao utilizar as águas do canal de drenagem do Prado para irrigação de culturas, seja possível promover um crescimento ótimo das plantas e redução dos custos com a aquisição de fertilizantes. Sendo assim, uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica e uma forma de conter a poluição, ao passo que incentiva à produção agrícola sustentável.

Tabela 7 - Parâmetros descritivos dos indicadores físico-químicos

Indicadores	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Coef. De Variação
pH	P1	7,42	8,02	7,65	7,60	2,28%
	P2	7,14	7,87	7,59	7,64	2,75%
	P3	7,35	7,99	7,68	7,65	2,49%
	P4	7,42	7,85	7,65	7,65	1,88%
	P5	7,57	8,15	7,81	7,75	2,42%
	P6	7,49	8,02	7,73	7,71	2,07%
Temperatura	P1	25,0	27,0	25,6	25,50	2,73%
	P2	26,0	29,0	26,85	27,00	3,29%
	P3	26,0	30,0	27,4	27,25	4,77%
	P4	26,0	27,0	26,5	26,50	1,78%
	P5	25,5	29,0	27,0	27,00	3,81%
	P6	26,0	29,0	26,95	26,75	3,96%
CE	P1	643,0	1693	1360	1481	25,88%
	P2	498,0	1558	1268,8	1319	24,39%
	P3	650,0	1561	1247,9	1304,5	21,39%
	P4	549,0	1875	1497,6	1622,5	25,45%
	P5	669,0	1511	1223,9	1266	20,19%
	P6	712,0	1490	1166,8	1209,5	17,70%
Turbidez	P1	21,0	108	44,09	37,00	59,73%
	P2	34,0	251	156	167,5	46,74%
	P3	34,0	251	156	167,5	46,74%
	P4	56,0	374	229,2	228,0	50,04%
	P5	26,0	176	91,79	74,95	52,15%
	P6	24,0	109	61,16	55,0	43,69%
Nitrogênio NTK	P1	7,8	66,3	33,39	33,15	48,90%
	P2	24,7	98,8	68,54	71,65	36,38%
	P3	24,7	93,6	65,94	72,8	33,39%
	P4	26,0	107,9	78,66	90,4	38,88%
	P5	26,0	88,4	53,56	55,9	35,11%
	P6	23,4	66,3	43,93	42,9	29,90%
Fósforo Total	P1	0,2	3,5	1,61	1,55	66,28%
	P2	1,7	10,2	6,34	7,65	47,37%
	P3	1,2	8,1	5,29	5,9	41,67%
	P4	1,9	12,4	7,14	8,0	49,46%
	P5	1,1	6,6	4,07	4,30	35,79%
	P6	0,6	4,3	3,0	3,0	36,04%
Dureza Total	P1	105,5	332	214,75	222	34,58%
	P2	84,0	204	149,2	157	25,17%
	P3	98,0	212	161	167	25,67%
	P4	112	222	172,2	179	23,48%
	P5	104	240	167,2	170	22,93%
	P6	108	250	183,2	189	23,05%
Sódio	P1	51,52	240,28	144,63	137,56	41,80%
	P2	30,16	221,2	128,54	132,1	53,76%
	P3	37,44	212,92	118,27	115,06	49,49%
	P4	33,04	285,56	155,04	153,58	54,50%
	P5	36,6	215,12	110,06	101,1	53,00%
	P6	40,72	225,16	111,44	110,54	55,94%
Cálcio	P1	17,68	44,96	27,56	24,66	31,10%
	P2	13,32	33,44	21,17	18,02	34,27%
	P3	14,72	31,84	20,75	18,12	29,63%
	P4	14,0	34,76	21,22	18,24	35,43%
	P5	14,56	33	20,53	17,4	32,82%
	P6	12,88	35,28	20,93	17,42	36,22%

Fonte: Autora (2018).

Ao comparar os valores encontrados para os indicadores em estudo, entre os seis pontos amostrais, os maiores valores foram frequentemente encontrados no ponto P4, logo o mesmo possui pior qualidade; devido, principalmente, a sua localização em um tributário do canal do Prado, que recebe as contribuições dos bairros Catolé e Sandra Cavalcante, e conseqüentemente maiores concentrações de esgoto doméstico. Enquanto que o ponto P1, caracterizado como ponto inicial do sistema, apresenta os menores valores, apesar de assim como os demais pontos encontrar-se poluído.

As altas concentrações desses indicadores analisados na Bacia Urbana do Prado se fundamentam em razão dos fatos vistos durante as visitas para realização das coletas das amostras, tais como as contínuas contribuições de esgotos domésticos, lançamento de resíduos sólidos e falta de limpeza nas margens do canal (Figura 23).

As pesquisas desenvolvidas por Henriques (2014), Gomes (2013) e Melo Filho (2014) comprovam que há a contribuição do sistema de esgoto sanitário ao sistema de drenagem de Campina Grande.

Figura 23 - Contribuições de esgotos domésticos, lançamento de resíduos sólidos e falta de limpeza na bacia urbana do Prado



Fonte: Autora (2018).

4.3 - Avaliação do Potencial para o Reúso Agrícola:

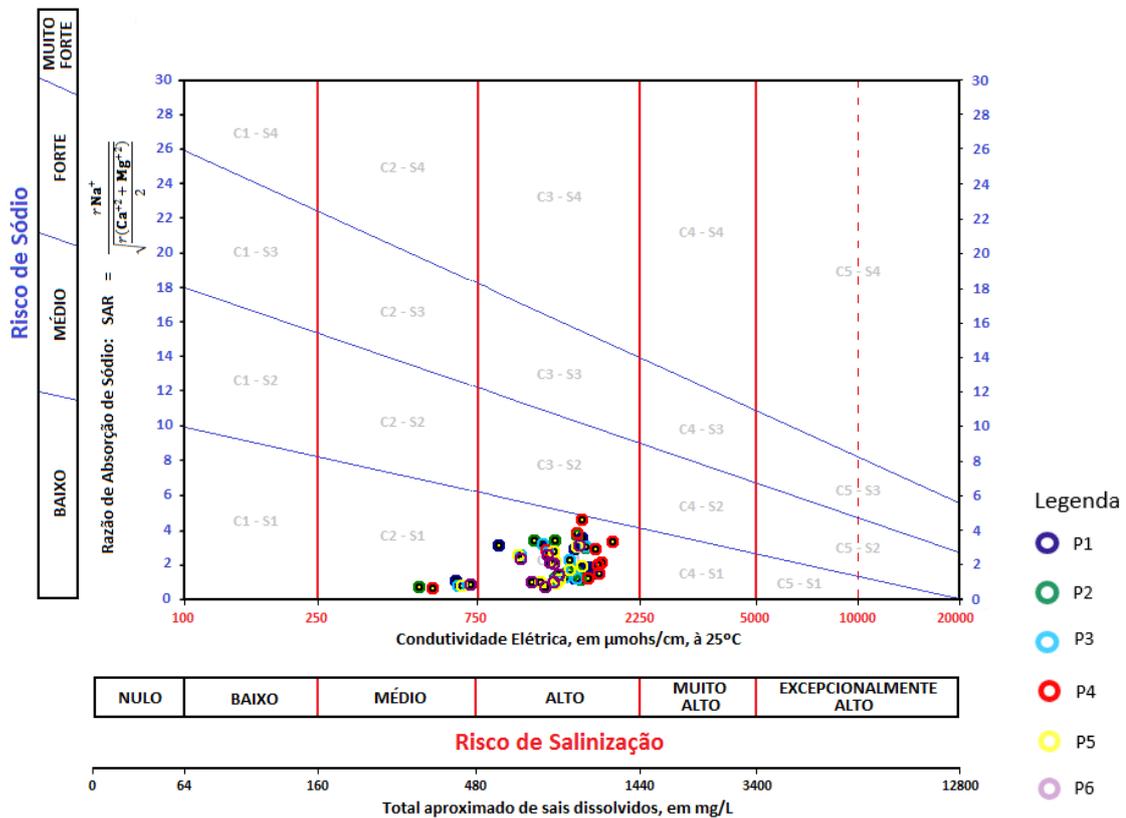
Utilizou-se para avaliação das águas dos pontos amostrais a classificação para irrigação proposta pelo USSL, que emprega o RAS e a condutividade elétrica para avaliar os riscos quanto à sodicidade e à salinidade, respectivamente, através da ferramenta Qualigraf.

A partir do exposto na Figura 24, quanto ao risco de salinização os valores encontrados estão predominantemente na faixa de alto risco, a exceção das amostras coletadas no dia 17 de maio, que se encontram na faixa de médio risco.

Essa divergência nos dados se justifica em razão das precipitações de moderada intensidade que foram verificadas no dia da coleta de 4,4 mm, bem como desde o dia anterior, que apresentou 11,6 mm de precipitação. Esse fato torna-se importante pois vem a evidenciar que os resultados podem apresentar valores diferentes de concentrações de sais em períodos de chuva, decorrente do aumento do volume de água escoado e da diluição da concentração dos íons.

Enquanto que em relação ao risco de sodicidade, todas as amostras coletadas apresentaram baixo risco.

Figura 24 - Classificação quanto ao risco de salinidade e de sódio



Fonte: Autora (2018).

Portanto, as águas do canal do Prado, segundo a classificação de Richards (1954), podem ser definidas como classe C3-S1, ou seja, água de alta salinidade com baixa concentração de sódio, apresentando uma qualidade dita como regular.

Isso se deve, principalmente, ao fato do sistema separador absoluto de Campina Grande ser ineficiente, o mesmo contribui de forma quantitativamente e continuamente para o canal do Prado, através de ligações clandestinas de esgotos.

No trabalho desenvolvido por Freire (2014), para outra bacia urbana do mesmo município, o Canal das Piabas, quanto ao sódio apresentou a faixa de médio risco, superior ao do presente estudo.

Em resumo pode-se dizer que o uso das águas de drenagem em estudo para irrigação fica restrito a solos bem drenados, bem como ao cultivo apenas dos vegetais de alta tolerância salina, a exemplo de aspargo, espinafre, algodão etc.

5.0 CONCLUSÕES

Neste capítulo são expostas, a partir dos resultados encontrados durante a campanha amostral realizada nos seis pontos do Canal do Prado de Campina Grande, as considerações finais no que diz respeito aos objetivos dessa pesquisa.

Ao comparar os resultados dos indicadores da qualidade da água do Canal do Prado com os valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005, e com valores para águas de drenagem de outros estudos desenvolvidos por Santos et al (2012), Coelho (2013) e Oliveira et al (2016), verifica-se valores que excedem os limites, na maioria dos pontos amostrais, para a Condutividade Elétrica, Sódio, Turbidez, Nitrogênio Total, Fósforo Total e Dureza, retratando a situação de predominância de esgoto doméstico.

Todos os pontos apresentaram um elevado grau de poluição, que ocorre devido à ineficácia da manutenção do canal, visto que o mesmo recebe regularmente contribuições de esgoto, indicando a deficiência no sistema separador absoluto da cidade de Campina Grande, bem como ao lançamento de resíduos sólidos pela população, evidenciando a falta de educação ambiental da população.

Assim, se torna imprescindível a adoção de medidas mitigadoras, como também atividades que conscientizem a população, que acarretam ao adequado funcionamento do sistema de esgotamento existente, atendendo a condição da separação absoluta.

Em relação a classificação encontrada quanto ao risco de salinidade e sodicidade, as águas da Bacia Urbana do Prado apresentaram elevadas faixas de sais, as quais limitam o uso da água para irrigação, que fica subordinada ao cultivo de espécies tolerantes à salinidade e com precauções no manejo do solo.

Contudo, pode-se afirmar que o ideal seria que houvesse ao menos uma desinfecção das águas afim de inativar microrganismos patogênicos, para que assim as águas do Canal do Prado conseguissem ser reutilizadas na agricultura.

6.0 REFERÊNCIAS

ABES. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil**. 2015.

ABNT. **NBR 13.969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ALPHA, AWWA, WEF. **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 th ed. Washington, D.C. 2012.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas**. Brasília, 2017.

ANA. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 05/06/2018.

ALVES, W. S. dos; ANDRADE, R. D. A.; COSTA, L. M.; BELISÁRIO, C. M.; CEREIJO, T. L.; PORFIRO, C.A. **Avaliação da qualidade da água por meio de análises físico-químicas**. Goiás: In: Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IFGoiano. Goiânia, 2012.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BRASIL. Antônio Luiz Coimbra de Castro. **Manual de Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. ed. 3. rev. Brasília. Fundação Nacional de Saúde. 408 p. 2006.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá Outras Providências.

BRASIL. **Resolução CNRH Nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005. . Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BUREK, P., SATOH, Y., FISCHER, G., KAHIL, M. T., SCHERZER, A., TRAMBEREND, S., NAVA, L. F., WADA, Y., EISNER, S., FLÖRKE, M., HANASAKI, N., MAGNUSZEWSKI, P., COSGROVE, B. AND WIBERG, D. **Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)**. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). 2016.

CAMINHA, M. J. **Degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande – Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG, 2014.

CARVALHO, N L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A L. **Reutilização de águas residuárias**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. Revista Monografias Ambientais- REMOA. e-ISSN 2236 1308 - V. 14, N. 2. 2014.

CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: Experiências Internacional e Brasileira**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília. 2012.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. São Paulo, SP. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>. Acesso em 20 de julho de 2018.

CETESB. **Variáveis de qualidade de água**. São Paulo, 2009.

COELHO, F.R. **Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana de Santos (São Paulo, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos, 2013.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. Do C. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

FAO. **Escassez de água, desafio à sustentabilidade**. Artigo publicado no Valor Econômico, em 28 de março de 2017. Disponível em <https://www.valor.com.br/opiniao/4914566/escassez-deaguadesafiossustentabilidade>. Acesso em 30 de julho de 2018.

FERNANDES, C. **Microdrenagem – Um estudo inicial**. Apostila do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2002.

FERREIRA, A. C. **Drenagem Agrícola com utilização de diferentes tipos de água e sistemas drenantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - UFCG. Campina Grande, 2009.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIOZZO, H. S. **Avaliação do potencial de reúso de águas cinzas em edificações**. I conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, 2004.

FREIRE, J. R. P. **Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - Estudo de caso do Canal das Piabas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - UFCG. Campina Grande 2014.

FUNCEME. **Classificação das águas para irrigação.** Disponível em: <http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/3>. 2014. Acesso em: 13/11/2018

GOOGLE EARTH PRO. **Versão 7.3.: Google Corporation.** 2017.

GOMES, E. F. **Perdas de vazão e seus efeitos na operação do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande - PB.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 66, p. 133-119. 1997.

HENRIQUES, J. A. **Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do Canal do Prado, Campina Grande-PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG, 2014.

IBGE. **Censo Demográfico, 2010.** Brasil, 2010. Disponível em: < www.ibge.gov.br >. Acesso em 27/10/2018.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2017.** Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2018

INSTITUTO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. **Estudo do Componente Quilombola da CRQ de Degredo.** Fundação Renova, Belo Horizonte. 2017. Disponível em https://sei.ibama.gov.br/documento_consulta_externa.php?id_acesso_externo=9052&id_documento=3135963&infra_hash=3f33ce78011effeabd88c5ee0ac94cd0. Acesso em 21/11/2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento - Instituto Trata Brasil.** São Paulo: GO associados, 2018.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 5ed. ABES: Rio de Janeiro, 2009.

KENTUCKY'S DEPARTMENT FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION. **Divisão da Água Escoamentos Combinados de Esgoto.** Disponível em <http://water.ky.gov/permitting/pages/combinedseweroverflows.aspx>. Acesso em 06/07/2018.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LIMA JÚNIOR, B. C. **Diagnóstico da necessidade de drenagem em solo cultivado com bananeira 'pacovan' irrigada com águas poluídas.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – UFCG, 2013.

LIMA, N.; F. **Recuperação de ovos de helmintos em amostras de águas residuárias urbanas de populações de baixa renda da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.**

2013. 72p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. PB. 2013.

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

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

MELO FILHO, H. de. **Análise dimensional do sistema de macrodrenagem de águas pluviais urbanas de Campina Grande-PB – Estudo de Caso, canal das Piabas**. Anais do X ENAU – Encontro Nacional de Águas Urbanas. ABRH, São Paulo: 2014.

MENDIONDO, E. M.; RODRIGUES, D.B.B. Bacias Hidrográficas: Caracterização e Manejo Sustentável. In: CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. Do C. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MILLER, G. W. **Integrated concepts in water reuse: managing global water needs**. Desalination, v. 187, p. 65-75, 2006.

MOBUS, G. **Tutorial Qualigraf**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza, 2014.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo. Editora Blucher, p. 520. 2003.

OLIVEIRA, B. R. de; LESS, D. F. da S.; OLIVEIRA FILHO, O. B. Q. de; LIMA, C. S. de. **Análise da qualidade da água em canais de macrodrenagem: um estudo de caso em Macapá-AP**. In: II Congresso amazônico de meio ambiente e energia renováveis da UFRA. Belém, 2016.

ONU. **Faça cada gota contar: uma agenda de ação pela água - Carta aberta do Painel de Alto Nível sobre Água**. 2018. Disponível em <https://nacoesunidas.org/relatorio-de-painel-internacional-pede-mudancafundamental-na-gestao-da-agua/>. Acesso em 30 de julho de 2018.

PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. In: BRAGA, B.; TUCCI, C. E. M; TOZZI, M. Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH. v 5. p.387-428. 1995.

RAMALHO NETO, J. DE S., et al.: **Qualidade da água utilizada em Saccharum officinarum no sertão paraibano: riscos ao sistema de irrigação e ao solo**. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia. Vol 9, nº 4, pg. 173-182, 2012.

RICHARDS, L. A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954.

ROCHA, E. L. **Reúso de águas residuárias na agricultura irrigada**. Faculdade Metropolitana de Camaçari (FAMEC), bacharelado em Engenharia Ambiental, 2013.

SALGADO, E.A. **Caracterização da influência de cargas poluidoras difusas na qualidade da água no córrego botafogo, Goiânia, Goiás**. Dissertação (Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia do Meio Ambiente) - UFG. Goiânia, Goiás, 2013.

SANTOS, F. S. DOS; RANGEL, E. M.; GARCIA, J. F. DA C.; SANCHES FILHO, P. J. **Estudo das características físico-químicas da água do Canal Prolongamento da Av. Bento Gonçalves – Pelotas – RS**. In: Congresso Norte Nordeste de pesquisa e inovação. Palmas, 2012.

SANTOS, H. F. **Critérios de Qualidade da Água para reúso**. Revista DAE 174, dezembro de 1993.

Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS. **Portal Eletrônico**. 2016. Brasília: Disponível em <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em 02/07/2018.

TOLEDO, Jr., A. P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (Relatório Interno CETESB). 1990.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p.97-112. São Paulo, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Saneamento para Todos, Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Vol. 4. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

UNESCO. **Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos- água e emprego**. 2016.

USEPA. **Guidelines for water reuse**. U. S. Washington, DC: EPA, 2012.

WESTERHOFF, G. P. **Un update of research needs for water reuse**. In: WATER REUSE SYMPOSIUM, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

WINPENNY, J.; HEINZ, I.; KOO-OSHIMA, S.; SALGOT, M. S. **The wealth of waste: the economics of wastewater use in agriculture**. FAO Water Reports. Roma. 2010.

WWAP. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água**. Paris, UNESCO, 2018.