

Irrigação em universidades como potenciais para Smart Cities

ANNA REBECA SILVA NÓBREGA

PEDRO IVO SILVA DA NÓBREGA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

MAYRA GISLAYNE MELO DE LIMA

MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO

Introdução

A Organização das Nações Unidas prevê um aumento populacional de 2,5 bilhões de pessoas até 2050, juntamente com um envelhecimento da população projetado para um aumento de 61% na população com 80 anos até 2030 (United Nations, 2015). Uma das áreas mais importantes da smart city é sua conexão com o desenvolvimento sustentável e com a tecnologia, além de sua capacidade em alcançar vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. O Brasil sofre com uma urbanização não planejada e desigual, causando falta de serviços básicos de infraestrutura e problemas relacionados.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Nesse contexto, essa pesquisa teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e microbiológica para fins de irrigação das águas de um córrego que circula no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB e seu potencial para aplicações em smart cities.

Fundamentação Teórica

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada pela comunidade internacional em setembro de 2015, representa um conjunto de metas para acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos. Um dos pontos mais importantes ou debatidos na área ambiental é sua relação com a agricultura. Tomando como base a agricultura irrigada, o uso mais eficiente da água está diretamente ligado ao aumento da escassez de água de boa qualidade, devido ao agravamento da competição entre os diversos setores que dela dependem.

Metodologia

A área de estudo foi um córrego que percorre no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB, contribuinte do açude de Bodocongó. Em que para a caracterização da qualidade da água para fins de irrigação foram coletadas amostras trimestrais nos meses de setembro, dezembro e março de 2021. Para proposição de resultados baseados em smart cities foram realizadas pesquisas de revisão bibliográfica intencional e Análise de Conteúdo Direta.

Análise dos Resultados

De acordo com Ayers e Westcot (1999) o uso de água C3 pode ocasionar redução significativa no rendimento de culturas sensíveis a moderadamente sensíveis à salinidade ao utilizar a irrigação convencional. Além disso, Alexandre et al. (2021) ressaltam que águas com alto teor de salinidade não devem ser utilizadas em solos com deficiência de drenagem e deve ser realizada a seleção para o cultivo de culturas com tolerância aos sais. Além disso, é possível abranger suas áreas de atuação através de implementações de apoio a energia eficiente e Smart Grid, uso de Internet das Coisas (IoT).

Conclusão

As águas do córrego apresentam riscos potenciais de salinidade, sendo classificada como C3S1, com classe de grau de restrição “moderado” para irrigação, sendo inadequado seu uso em solos com deficiência de drenagem e em culturas com baixa tolerância a salinidade. O monitoramento das águas de córregos, lagos, rios e lençóis freáticos podem gerar inúmeros potenciais benefícios para a gestão de cidades, estados e até outras organizações, como universidades.

Referências Bibliográficas

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092> ALEXANDRE, L. M.; BRITO, A. P. M. de; SANTOS, I. M. de; SILVA, F. D. B. da; SOUSA, G. G. de; NOGUEIRA, R. da S. Espacialização da qualidade da água subterrânea destinada a irrigação na comunidade agrícola de Barreiros, Aratuba-CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.15, n. 1, p.36-47, 2021.

Palavras Chave

smart cities, irrigação, ODS

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecemos à CNPQ pelo investimento em nossa pesquisa.

RESUMO

Pelas projeções da Organização das Nações Unidas, cerca de 2,5 bilhões de pessoas incorporarão os dados populacionais até 2050. Nesse contexto, os investimentos inovadores em áreas essenciais para a qualidade de vida desempenham um papel crucial, como as smart cities. Uma das áreas mais importantes da smart city é sua conexão com o desenvolvimento sustentável e com a tecnologia, além de sua capacidade em alcançar vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Nesse contexto, essa pesquisa teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e microbiológica para fins de irrigação das águas de um córrego que circula no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB e seu potencial para aplicações em smart cities. Como resultados, observamos que o córrego da UFCG possui riscos potenciais em alguns fatores, como a salinidade. Além disso, é destacado o potencial de universidades como protagonistas em projetos de smart cities através de sua característica semelhante à cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Smart cities. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Irrigação.

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas prevê um aumento populacional de 2,5 bilhões de pessoas até 2050, juntamente com um envelhecimento da população projetado para um aumento de 61% na população com 80 anos até 2030 (United Nations, 2015). Com base nessas projeções, o estudo destaca a importância de direcionar esforços para promover o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, os investimentos inovadores em áreas essenciais para a qualidade de vida desempenham um papel crucial, com os municípios desempenhando um papel fundamental no avanço do bem-estar humano.

O conceito de Cidade Inteligente (Smart City - SC) possui popularidade, embora sua definição permaneça imprecisa devido à falta de consenso entre os teóricos em relação ao seu significado e aos indicadores que a caracterizam (Albino et al., 2015; Angelidou, 2015; Dameri & Cocchia, 2013; Lee, Hancock, & Hu, 2014; Neirotti et al., 2014). No entanto, é amplamente aceito que uma cidade pode ser considerada uma Cidade Inteligente quando investimentos em capital humano e social, juntamente com infraestrutura de comunicações tradicionais e modernas (Tecnologia da Informação e Comunicação - TIC), impulsionam o crescimento econômico sustentável e uma alta qualidade de vida. Isso ocorre em conjunto com uma gestão inteligente dos recursos naturais e uma abordagem de governança participativa (Caragliu, del Bo, & Nijkamp, 2011).

Uma das áreas mais importantes da smart city é sua conexão com o desenvolvimento sustentável e com a tecnologia, além de sua capacidade em alcançar vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Grossi and Trunova, 2021; Ismagilova et al., 2019). Estes buscam responder vários desafios que a humanidade enfrenta para garantir o bem-estar humano, a prosperidade econômica e a proteção do meio ambiente através de uma visão holística e multidimensional do desenvolvimento (Pradhan, Costa, Rybski, Lucht & Kropp, 2017; Bebbington & Unerman, 2018; Valencia *et al.*, 2019).

O Brasil sofre com uma urbanização não planejada e desigual, causando falta de serviços básicos de infraestrutura e problemas relacionados, como inundações, escassez de água e má qualidade da água (Alves et al., 2022; de Araújo et al., 2023; da Silva et al., 2023). O esgoto não tratado é uma das principais fontes de poluição da água no Brasil, o que representa uma grande ameaça aos governos nacional, estadual e municipal, uma vez que apenas 51,2% de todo o esgoto gerado é tratado (Brasil, 2022). Apesar da poluição em rios e lagos, o esgoto também pode comprometer as águas subterrâneas, principal fonte de água de países inteiros (Mabrok et al., 2022) e a população de regiões áridas e semiáridas, que representa 12% do território brasileiro e 28 milhões de habitantes. pessoas (da Silva et al., 2023).

A qualidade da água é a sua composição e o conhecimento que se tem sobre o que seus constituintes possam vir a ocasionar no meio ambiente e à saúde dos seres humanos (Cintra et al. 2020). Na irrigação, a qualidade não deve estar apenas relacionada ao teor de sais presentes na água, mas em função da quantidade individual de cada um dos íons (Oliveira Júnior et al. 2021). Assim, os recursos hídricos serem preservados, estes devem ser monitorados adequadamente com o auxílio de técnicas com capacidade de identificação e apontamento da realidade quanto à qualidade da água disponível na região, destacando a necessidade de determinação frequente dos parâmetros físico-químicos como técnica usual e bem disseminada para esse fim (Soares et al., 2021).

Portanto, para que haja um planejamento estratégico a ser aplicado na gestão dos recursos hídricos, é de grande valia o conhecimento da qualidade da água dos afluentes que desaguam em açudes urbanos para a caracterização dos níveis de poluição que estão sendo aportados pelo manancial, bem como a identificação dos possíveis usos e aproveitamento destes recursos. Nesse contexto, essa pesquisa teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e microbiológica para fins de irrigação das águas de um córrego que circula no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB e seu potencial para aplicações em smart cities.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada pela comunidade internacional em setembro de 2015, representa um conjunto de metas para acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos. Para as Nações Unidas e para os países membros, foram necessárias várias décadas para chegar a esta nova e ambiciosa Agenda 2030 (Megyesiova & Lieskovska, 2018).

Uma das formas de se aplicar os ODS é a partir das Smart Cities. Embora seu conceito seja possibilitado pelos desenvolvimentos das Tecnologias de Informação e Comunicações como um ecossistema digital, como a Indústria 4.0, aplicações de big data e até jogos (Angelidou & Psaltoglou, 2019; Caputo, Formisano, Buhonova, & Wallezky, 2019; Clarizia et al., 2020; Oztemel & Gursev, 2020), a cidade também precisa que os cidadãos compreendam e se envolvam no planejamento, liderando e participem no processo de implementação e tomada de decisão para o desenvolvimento futuro do espaço urbano, o que é uma contribuição significativa para permitir o desenvolvimento social, progresso ambiental, econômico e cultural (Angelidou & Psaltoglou, 2019; Caputo et al., 2019; Nam & Pardo, 2014).

Giffinger et al. (2007) ofereceram um modelo que serviu de base para vários autores, e é considerado uma das fontes mais influentes sobre o assunto (Fernandez-Anez et al., 2018; Mora et al., 2017), pois apresentaram seis dimensões inteligentes como componentes de uma cidade inteligente: economia, vida, mobilidade, governação, ambiente e pessoas.

Uma dessas dimensões é o Smart Environment, que se dedica a formar um ambiente preservado que realça a sua atratividade natural, permitindo a conservação da biodiversidade, do património natural e de todo o sistema ecológico. Também proporciona a gestão eficaz e sustentável dos recursos naturais, gerando oportunidades recreativas e uma cidade verde (Giffinger et al., 2007).

Um dos pontos mais importantes ou debatidos na área ambiental é sua relação com a agricultura. Tomando como base a agricultura irrigada, o uso mais eficiente da água está diretamente ligado ao aumento da escassez de água de boa qualidade, devido ao agravamento da competição entre os diversos setores que dela dependem. Arelado a essa busca, tem-se ainda as limitações dos recursos hídricos disponíveis, os conflitos entre os seus diversos usos e os prejuízos causados pelo uso em excesso e, sobretudo, pela escassez. Dessa forma, é essencial a utilização da água de modo consciente e otimizado, uma vez que, em locais com elevado índice populacional ou onde há o seu uso intensivo, seja na agricultura ou na indústria, é provável a escassez hídrica (RIBEIRO et al., 2019).

Vale ressaltar que no Brasil a expansão da agricultura só foi possível devido ao emprego da irrigação, principalmente, em regiões afetadas pela escassez contínua de recursos hídricos, como é o caso do semiárido brasileiro. Logo, diante do aumento do setor agrícola, surge a necessidade de avaliar constantemente os recursos hídricos que estão e serão utilizados. Visto que Ayers e Westcot (1999) destacam que a qualidade da água de irrigação está interligada aos efeitos danosos, aos cultivos e ao solo, sendo necessário a adoção de técnicas especiais de monitoramento ou de suprimentos às inesperadas contrariedades referentes ao seu aproveitamento.

Uma das maneiras de enfrentar o desafio de melhorar o aproveitamento da água, é reduzir a quantidade aplicada em cada irrigação ou em fazer o seu reuso. O reuso de água é uma alternativa eficaz para o enfrentamento das limitações hídricas, em especial, no semiárido do Nordeste, propiciando com que o uso de água potável na irrigação seja reduzido, possibilitando sua destinação para fins essenciais como o caso do consumo humano (Costa et al., 2022b).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida no município de Campina Grande - PB, localizado na microrregião de Campina Grande e na mesorregião do Agreste da Borborema, de coordenadas geográficas com a latitude de 07°13' Sul, longitude de 35°53' Oeste e altitude de 547,6 m acima do nível do mar, com regime de precipitação inserido no setor Leste da Paraíba, em que há no mês de março chuvas de pré-estação e no mês de abril a caracterização do período chuvoso, tendo nos meses de maio, junho e julho como trimestre mais chuvoso, e clima do tipo BSh, de acordo com a classificação de Köppen (MEDEIROS et. al., 2021).

A área de estudo foi um córrego que percorre no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB, contribuinte do açude de Bodocongó. Em que para a caracterização da qualidade da água para fins de irrigação foram coletadas amostras trimestrais nos meses de setembro, dezembro e março de 2021, em um ponto com coordenadas 7° 12' 56.1" S e 35° 54' 25.5" W situado nas proximidades das casas de vegetação pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA/CTRN/UFCG), conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Localização do ponto de coleta de água do córrego analisado no interior da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus de Campina Grande – PB.



Fonte: Google Earth (2023).

Os procedimentos de coleta e transporte das amostras de água foram realizados baseados no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão et al, 2011). As amostras foram analisadas nos Laboratórios de Irrigação e Salinidade (LIS) e de Referência em Dessalinização (LABDES), ambos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande - PB. Em que foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: Condutividade Elétrica (CE), pH, Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Cloretos (Cl^-), Nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), Amônia (NH_3), Fósforo (P), Alcalinidade Total e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), além de parâmetros biológicos referentes à presença e a quantidade de Coliformes Totais e Escherichia Coli. Ademais, foi analisado o risco de salinidade e sodicidade (CE e STD), toxicidade (teores de sódio e cloreto), dureza total (DT) e relação de absorção de sódio (RAS).

Os parâmetros estudados foram classificados segundo Ayres e Westcot (1999), Richards (1954), Nakayama e Bucks (1986) e na Resolução do CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Para proposição de resultados baseados em smart cities foram realizadas pesquisas de revisão bibliográfica intencional, nas bases Web of Science e Scopus, buscando por “smart cit*” e

“sustainable development goals” e escolhendo artigos recentes e com maiores números de citação. Sua análise foi realizada através da Análise de Conteúdo Direta, observando conceitos-chave e sua relação com o tema em estudo (Hsieh and Shannon, 2005).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base na Tabela 1 é possível caracterizar a água do córrego para fins de irrigação a partir dos parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados. De modo que a partir do valor médio da Condutividade Elétrica (CE) de $1,101 \text{ dS m}^{-1}$ a água é classificada como C3, havendo restrição moderada para uso na irrigação ($0,7$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$) e de acordo com o valor de Razão de Adsorção de Sódio (RAS) é classificada como S1 por apresentar baixa concentração de sódio.

Tabela 1. Parâmetros físico-químico e biológicos médios de água de córrego do interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, Campus Campina Grande – PB.

Parâmetro	Unidade	Valor médio
Condutividade elétrica	dS m^{-1} a 25°C	1,101
Potencial Hidrogeniônico, pH	-	7,8
Dureza em Cálcio (Ca^{++}),	mg L^{-1}	61,8
Dureza em Magnésio (Mg^{++})	mg L^{-1}	28,6
Dureza Total (CaCO_3)	mg L^{-1}	275,3
Sódio (Na^+)	mg L^{-1}	157,7
Potássio (K^+)	mg L^{-1}	25,0
Cloreto (Cl^-)	mg L^{-1}	160,8
Nitrato (NO_3^-)	mg L^{-1}	0,0
Nitrito (NO_2^-)	mg L^{-1}	0,0
Amônia (NH_3)	mg L^{-1}	0,0
Fósforo Total	mg L^{-1}	20,4
Alcalinidade em Carbonatos (CaCO_3)	mg L^{-1}	0,0
Alcalinidade em Bicarbonatos (CaCO_3)	mg L^{-1}	362,3
Alcalinidade Total (CaCO_3)	mg L^{-1}	363,0
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) a 180°C	mg L^{-1}	1044,9
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	-	4,2
Coliformes Totais	NPM/100 ml	$>1,01 \times 10^3$

Escherichia Coli	NPM/100 ml	>1,01 x 10 ³
Classe	-	C3S1

Fonte: Autores (2023)

De acordo com Ayers e Westcot (1999) o uso de água C3 pode ocasionar redução significativa no rendimento de culturas sensíveis a moderadamente sensíveis à salinidade ao utilizar a irrigação convencional. Além disso, Alexandre et al. (2021) ressaltam que águas com alto teor de salinidade não devem ser utilizadas em solos com deficiência de drenagem e deve ser realizada a seleção para o cultivo de culturas com tolerância aos sais.

Referente ao valor obtido para o pH, de acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1999), o valor médio obtido de 7,8 encontra-se no intervalo normal relativo à toxicidade. Todavia, de acordo com Nakayama e Bucks (1986) em relação ao risco de obstrução de emissores na irrigação localizada a água analisada apresenta risco moderado (pH entre 7 e 8). Segundo Franca et al. (2022) o pH da água utilizada na irrigação além de propiciar a obstrução de emissores na irrigação localizada, necessitando da realização de manutenções periódicas dos equipamentos, pode interferir na disponibilidade dos elementos químicos no solo.

Quanto à dureza total da água de 275,3 mg L⁻¹ o valor obtido encontra-se abaixo do limite estabelecido de 300 mg L⁻¹ pela portaria MS nº888/2021 (BRASIL, 2021) para água de uso mais restritivo, uma vez que não exista um padrão específico para água de irrigação. Segundo Oliveira et al. (2022) altos valores de dureza podem indicar presença de resíduos industriais na água, assim como a possibilidade de problemas nos equipamentos de irrigação como, por exemplo, nas bombas e entupimento dos emissores. Ademais, o principal problema de qualidade de água para a irrigação em relação à dureza, segundo Nakayama e Bucks (1986), é a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio, que pode ocorrer, principalmente, se a água apresentar elevada dureza e valor de pH acima de 7,5.

Com relação ao nível de cloreto da água analisada, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), não há nenhuma restrição para uso na irrigação, por ser inferior ao limite de 250 mg L⁻¹. Os autores Cavalcante et al. (2020) enfatizam que devido ao fato de o elemento cloreto não ser retido ou adsorvido pelas partículas presentes no solo, ele se descola com facilidade junto da água e é absorvido pelas raízes das plantas e transportado até as folhas, local em que fica acumulado em função da transpiração. De modo que se a quantidade presente na água for superior ao limite de tolerância da planta há ocorrência de problemas característicos de toxicidade como, por exemplo, necroses e queimaduras que se iniciam no ápice das folhas.

Os valores de nitrato, nitrito e Amônia foram 0,00 mg L⁻¹, considerados dentro dos limites adequados para as Classes 1, 2 e 3 de água doce segundo a portaria MS nº888/2021 (BRASIL, 2021). Não sendo encontrados valores de nitrato acima de 10 mg L⁻¹, de nitrito acima de 1 mg L⁻¹ e de amônia acima de 1,2 mg L⁻¹, corroborando com os resultados alcançados por Silva et al. (2022) ao analisarem a qualidade de recursos hídricos de fontes públicas do município de Poços de Caldas no estado de Minas Gerais.

O valor médio de fósforo observado foi de 20,4 mg L⁻¹, que segundo Ayres e Westcot (1991), foi superior ao limite estabelecido para água de irrigação (0 - 2 mg L⁻¹). De acordo com Britto et al. (2020), o elemento fósforo é considerado um indicador de qualidade de água não tóxico,

todavia influencia na aceleração do processo de eutrofização das águas e quando associado à compostos de nitrogênio em quantidades elevadas propicia o crescimento desenfreado de algas.

Na água analisada, a Alcalinidade em Carbonatos foi nula e a Alcalinidade em Bicarbonatos foi $362,3 \text{ mg L}^{-1}$, de modo que segundo CINTRA et al. (2020) o alto teor de bicarbonato na água indica uma tendência de precipitação de cálcio e de magnésio, na forma de carbonato, ocasionando a redução da concentração destes elementos no solo e aumentando o nível de sódio. Os autores ainda ressaltam que deve ser evitada a utilização de águas com elevados níveis de bicarbonato, especialmente sistemas de irrigação por aspersão devido ao risco de incrustações em folhas, flores e frutos. Ademais, ao se utilizar águas de irrigação com teores elevados de bicarbonato pode haver a precipitação do elemento cálcio, em forma de bicarbonato de cálcio, podendo gerar problemas de incrustações nas tubulações e nos equipamentos de irrigação (AYERS e WESTCOT, 1999), especialmente, em sistemas de irrigação localizada.

O índice médio de sólidos totais dissolvidos (STD) na água do córrego foi de $1044,9 \text{ mg L}^{-1}$, bem superior ao limite máximo instituído na Resolução do CONAMA 357/2005 na água de irrigação que é de 500 mg L^{-1} . Corroborando com os resultados obtidos por Costa et al. (2022a) que ao caracterizarem a qualidade da água superficial dos distritos administrativos de Belém – PA, constataram que além dos parâmetros sólidos dissolvidos totais, a cor verdadeira, o cloreto e o sulfeto ultrapassaram o valor máximo permitido na resolução devido ao lançamento *in natura* de esgoto.

Além disso, ao avaliar a análise microbiológica da água do córrego constata-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* maiores de $1,01 \times 10^3 \text{ NMP/100 ml}$. Autores como Rosá et al. (2022) enfatizam que a existência de bactérias do grupo coliformes são indicadores de qualidade da água, podendo sinalizar um possível impacto ambiental resultante das atividades desenvolvidas nos arredores do corpo hídrico, uma vez que a qualidade da água é fundamental para a saúde pública e quando há precarização das condições sanitárias a água se transforma em um meio de proliferação de patógenos, como por exemplo a *Escherichia coli*, além dos coliformes.

4.1. Smart City

O conceito de smart city baseia-se em três pilares principais: Sustentabilidade, Tecnologia e Comunidade. Sem dúvida, a tecnologia desempenha um papel fundamental no âmbito de uma cidade inteligente. Uma gama diversificada de sensores, dispositivos, aplicações, hardware e software, juntamente com a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA) e outros avanços tecnológicos, são elementos essenciais de uma acessibilidade e infraestrutura integrada necessária para construir e interligar uma cidade inteligente (Allam e Jones, 2021; Ismagilova et al., 2019; Kolesnichenko et al., 2021). Este nível avançado de tecnologia e conectividade foi concebido para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e otimizar a eficiência e eficácia dos serviços prestados por governos e empresas (Girardi e Temporelli, 2017; Petrova-Antonova e Ilieva, 2019; Rubasundram, 2019).

O conceito de Smart Environment abrange nove Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente os ODS 2, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 15. Os quais visam preservar e enriquecer a beleza natural e o patrimônio do sistema ecológico, promovendo a implementação

de estratégias práticas e sustentáveis para a gestão dos recursos naturais, oportunidades recreativas e criando espaços urbanos amigos do ambiente (Giffinger et al., 2007).

Além disso, é possível abranger suas áreas de atuação através de implementações de apoio a energia eficiente e Smart Grid, uso de Internet das Coisas (IoT) para otimização do gerenciamento de esgoto e resíduos, bem como no uso inteligente de sistemas e ferramentas de monitoramento da qualidade dos elementos naturais, como água, ar e solo (Silva-da-Nóbrega et al., 2023).

Abordagens inteligentes têm sido testadas ou já aplicadas com eficácia para avaliar a qualidade da água, indo além da gestão eficiente de recursos ou sensores em lagos e rios, alcançando até sistemas completos de abastecimento de água e estações de tratamento de águas residuais (Ji, Chen & Guo, 2022; Asgari & Nemati, 2022; Garrido-Momparler & Peris, 2022). Os sistemas de monitoramento de água possuem parâmetros de qualidade e podem utilizar Machine Learning (Bhardwaj et al., 2022), a Internet das Coisas (IoT) e tecnologia de comunicação sem fio (Yan et al., 2022; Garrido-Momparler & Peris, 2022), IoT Verde, redes neurais profundas e LoRa (Philip & Singh, 2022), Inteligência Artificial (Xiang et al., 2021), Blockchain (Asgari & Nemati, 2022) e outras tecnologias e dispositivos.

As questões relacionadas à água são importantes na construção das cidades inteligentes, com estruturas de gestão de água inteligente tornando-se um dos componentes essenciais de sua infraestrutura, principalmente impulsionadas por dispositivos da IoT de maneira sustentável e eficiente em termos energéticos (Bhardwaj et al., 2022; Philip & Singh, 2022; Jiang et al., 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e microbiológica para fins de irrigação das águas de um córrego que circula no interior da Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Campus de Campina Grande – PB e seu potencial para aplicações em smart cities. As conclusões podem ser classificadas em dois blocos: Aplicações na irrigação e Implicações para smart cities.

As águas do córrego apresentam riscos potenciais de salinidade, sendo classificada como C3S1, com classe de grau de restrição “moderado” para irrigação, sendo inadequado seu uso em solos com deficiência de drenagem e em culturas com baixa tolerância a salinidade.

Os parâmetros fósforo, alcalinidade em bicarbonatos e sólidos totais dissolvidos estão acima dos valores recomendados pelo uso na irrigação e há presença microrganismos dos tipos coliformes totais e *Escherichia coli*. Desse modo, recomenda-se o uso dessa água na irrigação seja com a realização de tratamento prévio, caso contrário, pode ser prejudicial à saúde humana, às culturas, ao solo e aos equipamentos de irrigação.

O monitoramento das águas de córregos, lagos, rios e lençóis freáticos podem gerar inúmeros potenciais benefícios para a gestão de cidades, estados e até outras organizações, como universidades. Observando universidades como pequenas cidades, podem se tornar projetos modelo para smart cities e ajudar na implantação de futuros projetos maiores (Silva-da-Nóbrega et al., 2022). Assim, os fatores relacionados ao canal da UFCG, podem ser

gerenciados de forma à atender aos requisitos de um smart environment, bem como considerar soluções smart e tornar os canais, por exemplo, em fontes de irrigação própria para jardins e áreas verdes do campus. Modelo este, que se criado, poderia se tornar modelo para todos os campi da universidade em estudo, bem como para outras de porte semelhante.

Foram identificadas como limitações do trabalho a utilização única da UFCG como fonte de estudo, bem como a coleta individual. Recomenda-se para estudos futuros a ampliação deste, a partir de coletas regulares por um período estabelecido para análise in loco mais robusta, bem como acesso a informações específicas da universidade, visando soluções mais personalizadas e próximas da realidade, enquanto projeto interno.

Agradecemos ao CNPQ pelo incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>

ALEXANDRE, L. M.; BRITO, A. P. M. de; SANTOS, I. M. de; SILVA, F. D. B. da; SOUSA, G. G. de; NOGUEIRA, R. da S. Espacialização da qualidade da água subterrânea destinada a irrigação na comunidade agrícola de Barreiros, Aratuba-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.15, n. 1, p.36-47, 2021.

Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence, and smart cities. *Cities*, 89, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032>

Allam, Z., & Jones, D. S. (2021). Future (post-COVID) digital, smart and sustainable cities in the wake of 6G: Digital twins, immersive realities and new urban economies. *Land Use Policy*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105201>

Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. A qualidade de água na agricultura. 29 ed. Traduzido por: H. R. GHEYI, J. F. MEDEIROS e F. A.V. DAMASCO. Campina Grande: UFPB, 1999.

AYRES, R. S. & WESTCOT, D. W. **water quality for agriculture**.3ed.rome:FAO,1994.174p.(FAO. Irrigation and drainage paper,29).

Bebbington, J., & Unerman, J. (2018). Achieving the United Nations Sustainable Development Goals: An enabling role for accounting research. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.1108/AAAJ-05-2017-2929>

BRANDÃO, C.J. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: Água, sedimentos, comunidade aquáticas e efluentes líquidos. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Brasília: ANA, 2011.

Brasil (2020). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNS/MDR. 183 p.

Brasil (2022). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: Visão Geral.

BRASIL, Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em:< <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: abr. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRITTO, F. B.; VASCO, A. N.; MORAIS, G. F. O.; AGUIAR NETTO, A. O. Técnicas estatísticas para análise da qualidade da água em áreas irrigadas no baixo Rio São Francisco. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.192-203, 2020.

Caragliu, A., del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>

CAVALCANTE, K. L.; MACIEL, W. M.; MACIEL, H. M.; NOGUEIRA, D. H.; PEREIRA, S. M. Análise Físico-Químico da Qualidade de Efluentes para Fins de Reuso na Irrigação no Município de Iguatu –CE. **Brazilian Journal of Development** v.6, n.10, p.81778-81794, 2020.

CINTRA, L. S.; OLIVEIRA, C. R.; COSTA, B. B. P.; COSTA, D. A.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do rio Paraíba do Sul em Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Holos**, v. 36, n. 5, p. 1-16, 2020.

COSTA, G. M. M.; PONTES, A. N.; PANTOJA, D. N. S. M.; PANTOJA, N. G.; CABRAL, G. dos S.; RIBEIRO, H. M. C. Caracterização da qualidade da água superficial nos distritos administrativos do município de Belém –PA. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente**, v. 1, n. 44, p.120-137, 2022a.

COSTA, R. L. da; TORRES, D. M.; GOMS, J. T.; SILVA, J. E. M. Tratamento de água cinza para reúso agrícola no semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.27, n.5, p. 1031-1040, 2022b.

da Silva, M. I., Lima, M. T. V., da Costa, C. T. F., Firmino, P. R. A., Menezes, J. M. C., Del Carmen Paris, M., & de Paula Filho, F. J. (2023). Groundwater quality assessment in a peri-urban Brazilian semi-arid microbasin. *Environmental Earth Sciences*, 82(3), 73. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-10752-2>

Dameri, R. P., & Cocchia, A. (2013). Smart City and Digital City: Twenty Years of Terminology Evolution. *X Conference of the Italian Chapter of AIS*.

de Araújo, J. C., Landwehr, T., Alencar, P. H. L., & Paulino, W. D. (2023). Water Management causes increment of reservoir silting and reduction of water yield in the semiarid State of Ceará, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 121, 104102. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104102>

De Guimarães, J. C. F., Severo, E. A., Felix Júnior, L. A., Da Costa, W. P. L. B., & Salmoria, F. T. (2020). Governance and quality of life in smart cities: Towards sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 253. 119926. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119926>

FRANCA, C. L. E.; AMORIM, M. C. C. de; OLSZEWSKI, N.; BELÉM, C. dos S. Uso de água cinza tratada na irrigação de frutícola no semiárido: Aspectos legais e qualidade do solo. **Revista Verde**, v. 17, n. 3, p. 167-177, 2022.

GAMA, E. M.; REIS, A. C. P.; MATOS, R. P.; GOMES, F. J. S. Qualidade da água em áreas de cultivo de alface. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 5, p.1-13, 2023.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., Meijers, E., (2007). Smart Cities Ranking of European Medium-Sized Cities. *Centre of Regional Science*. 303-320. URL http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf

GOOGLE EARTH WEBSITE. <http://earth.google.com/>, 2023.

Grossi, G., & Trunova, O. (2021). Are UN SDGs useful for capturing multiple values of smart city?. *Cities*, 114, 103193.

Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9). <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>

Ismagiloiva, E., Hughes, L., Rana, N., & Dwivedi, Y. (2019). Role of Smart Cities in Creating Sustainable Cities and Communities: A Systematic Literature Review. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 558, 311–324. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20671-0_21

Lee, J. H., Hancock, M. G., & Hu, M. C. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.033>

Luma Gabriela Fonseca Alves, Carlos de Oliveira Galvão, Bervylly Lianne de Farias Santos, Eldson Fernandes de Oliveira & Demóstenes Andrade de Moraes (2022) Modelling and assessment of sustainable urban drainage systems in dense precarious settlements subject to flash floods, *LHB*, 108:1, 1-11, DOI: 10.1080/27678490.2021.2016024

MEDEIROS, R. M. de; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V. de; ARAÚJO, W. R. de; CUNHA FILHO, M.; HOLANDA, R. M. de; COUTINHO JÚNIOR, J. C. M. Comparativos das variabilidades do clima e do conforto ambiental nos municípios de Campina Grande e Monteiro, PB. **Recima21 -Revista Científica Multidisciplinar**, v.2, n. 11, p.1-16, 2021.

Mora, L., Bolici, R., & Deakin, M. (2017). The First Two Decades of Smart-City Research: A Bibliometric Analysis. *Journal of Urban Technology*. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1285123>

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickles irrigation for crop production Phoenix: Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, 1986. 383 p.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>

OLIVEIRA JÚNIOR, LEMOS FILHO, L. C. de A.; BATISTA, R. O.; FERREIRA, L. L. N.; COSTA, L. R. da; CAMINHA, M. P. Multivariate statistics applied to irrigation water quality data of a watershed in the semiarid region of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 3, p. 650–658, 2021.

OLIVEIRA, V. de S.; MONTEIRO, G. F.; PORCINO, M. M.; COSTA, T. S. da; SANTOS, M. B. H. dos. Qualidade da água subterrânea utilizada para irrigação em comunidade rural do município de Areia, Paraíba. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2022.

Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. P. (2017). A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions. *Earth's Future*, 5(11). 1169-1179. <https://doi.org/10.1002/2017EF000632>

RIBEIRO, W. G.; SANTOS, C. L. S. dos; SILVA, L. P. B. Conflito pela água, entre escassez e a abundância: marcos teóricos. **Revista geografia e ecologia política**, v.1, n.2, p. 11-37, 2019.

RICHARDS, L. A. (ed): Diagnosis and Improvement of saline end alkali soils. Washington D. C.: United States Salinity Laboratory Staff. 166 pg., USDA. Agriculture Handbook nº 60, Issued February 1954.

ROSÁ, F.; RIBEIRO, G. F.; CMARGO, L. G.; OLIVEIRA, A. B. R. de; GANEM, J. dos S.; FERREIRA, L.; TANHOLI, J.; CRUZ, S. P. da. Coliformes e bactérias resistentes a antibióticos em água de rios e poços em curitibanos. 9º Congresso Florestal Brasileiro, v. 1, n. 1, p. 361–364, 2022.

SILVA, R. M. da; SILVA, I. M.; BOTEZELLI, L. Utilização de recursos hídricos de fontes públicas no município de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais: qualidade da água e implicações para a saúde humana. **Research, Society and Development**, v. 11, n.6, p. 1-11, 2022.

Silva-da-Nóbrega et al. **Smart cities as drivers for the sustainable development goals achievement**. In _____ press. <https://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=IJISD2023>.

Silva-da-Nóbrega, P. I., Chim-Miki, A. F., & Castillo-Palacio, M. (2022). A Smart Campus Framework: Challenges and Opportunities for Education Based on the Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 14(15), 9640. <https://doi.org/10.3390/su14159640>

SOARES, L. M.; COLDEBELLA, P. F.; FRIGO, J. P. Avaliação da qualidade da água de rios brasileiros utilizando células meristemáticas de *Allium cepa* como bioindicador: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p.6983-6999, 2021.

United Nations, (2015). *United Nations Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1, United Nations.

Vasileva, R., Rodrigues, L., Hughes, N., Greenhalgh, C., Goulden, M., & Tennison, J. (2018). What smart campuses can teach us about smart cities: User experiences and open data. *Information (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/info9100251>

Wu, F., Zheng, Q., Tian, F., Suo, Z., Zhou, Y., Chao, K.-M., Xu, M., Shah, N., Liu, J., & Li, F. (2020). Supporting poverty-stricken college students in smart campus. *Future Generation Computer Systems*, 111, 599–616. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.017>