

Caracterização físico-química dos 5 primeiros milímetros da precipitação obtida de um amostrador para uso na irrigação da agricultura urbana em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil

Physicochemical characterization of the first 5 millimeters of precipitation obtained from a sampler for use in irrigation of urban agriculture in Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil

Cleidiane Moraes Novais^{1*} , Tadeu Miranda de Queiroz¹

RESUMO

Analisar a qualidade da água pluvial para utilizá-la em práticas de agricultura na região urbana de Tangará da Serra (MT) é essencial como estratégia de desenvolvimento urbano, visto que o município tem enfrentado crise hídrica nos últimos anos. No presente trabalho, objetivou-se classificar a qualidade dos 5 primeiros milímetros da água pluvial para compreender a condição de descarte inicial, avaliando a viabilidade de seu uso na irrigação da agricultura urbana, segundo as diretrizes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), bem como as possíveis fontes geradoras dos compostos químicos mensurados. Para tanto, foram realizadas análises laboratoriais e estatísticas dos parâmetros de qualidade potencial hidrogeniônico, bicarbonatos, condutividade elétrica, total de sais dissolvidos, cálcio, magnésio, dureza total, cloretos, sódio e potássio de amostras coletadas no período de outubro de 2019 a abril de 2020. Os resultados demonstraram que as concentrações dos compostos químicos avaliados foram maiores no milímetro inicial de chuva, melhorando a qualidade da água ao longo da precipitação. A classificação realizada com as diretrizes da FAO mostrou que não há restrição no uso da água pluvial do município para irrigação da agricultura urbana. Entretanto, é possível que tanto fontes com origens naturais quanto antrópicas tenham influenciado nas concentrações dos compostos químicos monitorados. Assim, como a atmosfera local pode fornecer elementos que estão relacionados com a alteração das características naturais da água pluvial, o descarte dos milímetros iniciais para o uso dessa água é uma opção viável para a irrigação de espécies cultivadas no quintal das edificações.

Palavras-chave: escassez hídrica; aproveitamento; razão de adsorção de sódio; salinidade; sodicidade.

ABSTRACT

Analyzing the quality of rainwater to use it in agricultural practices in the urban region of Tangará da Serra, Mato Grosso, is essential as urban development strategies, since the municipality has faced a water crisis in recent years. Thus, the present work aimed to classify the quality of the first five millimeters of rainwater to understand the condition of initial disposal, evaluating the feasibility of its use in the irrigation of urban agriculture according to the guidelines of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), as well as the possible generating sources of the chemical compounds measured. To this end, laboratory and statistical analyses of rainwater quality parameters were carried out, such as: hydrogenionic potential, bicarbonates, electrical conductivity, total dissolved salts, calcium, magnesium, total hardness, chlorides, sodium and potassium, from samples collected from October 2019 to April 2020. The results showed that the concentrations of the chemical compounds evaluated were higher in the initial millimeter of rain, improving water quality throughout the precipitation. The classification carried out with the FAO guidelines pointed out that there is no restriction on the use of rainwater in the municipality for irrigation of urban agriculture. However, it is possible that both natural and anthropogenic sources influenced the concentrations of monitored chemical compounds. Thus, as the local atmosphere can provide elements that are related to the alteration of the natural characteristics of rainwater, the disposal of the initial millimeters and the use of this water is a viable option for the irrigation of species cultivated in the building's backyard.

Keywords: water scarcity; use; razão de adsorção de sódio; salinity; sodicity.

¹Universidade do Estado de Mato Grosso - Nova Mutum (MT), Brasil.

***Autora correspondente:** cleidiane.novais@hotmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum

Recebido: 21/06/2021 - **Aceito:** 30/04/2022 - **Reg. ABES:** 20210165

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre as nações mais ricas em água doce, concentrando 12% do total estimado para o planeta, com disponibilidade hídrica superficial da ordem de 78.600 m³/s (ANA, 2018) e população equivalente a 208,5 milhões de habitantes (IBGE, 2018), com potencial hídrico estimado de 11.888 m³/habitante/ano.

Entretanto, esse panorama não condiz com a característica nacional de distribuição dos recursos hídricos, que apresenta enorme variabilidade nas diversas regiões do País, reflexo principalmente das variações climáticas, das diferentes condições de concentração da população e, sobretudo, das atividades econômicas. Isso gera concentração de demanda de água potável e poluição dos mananciais, tendo como consequência a escassez hídrica em algumas regiões (PEREIRA, 2004).

Dessa forma, ao se considerar que os recursos hídricos são finitos e essenciais para o desenvolvimento de qualquer região, a busca por diferentes alternativas técnicas associadas às boas práticas de gestão é fundamental, como a garantia do aumento da oferta de água à população. Nesse sentido, Gnadlinger (2003) afirma que a utilização da água da chuva tem potencial para beneficiar 2 bilhões de pessoas que atualmente não têm acesso a água potável ou saneamento básico, no mundo inteiro.

No Brasil, o tipo de precipitação predominante é a chuva, a qual contribui para o fluxo dos cursos d'água (escoamento superficial), a recarga dos aquíferos (escoamento subterrâneo), o armazenamento no solo e manutenção dos vegetais — neste último caso, com retorno para a atmosfera por meio da evaporação e transpiração. Assim sendo, a utilização da água da chuva para o provimento hídrico das espécies vegetais é um fenômeno natural. Todavia, o armazenamento da água pluvial para ser utilizada como fonte alternativa de irrigação nos períodos de déficit hídrico merece ser estudada, uma vez que esse tipo de água, comparado às águas de fontes superficiais, apresenta melhor concentração de elementos químicos, além de potencial hidrogeniônico (pH) geralmente mais ácido, o que pode comprometer os cultivos, o solo e os equipamentos de aplicação da água (MARQUES, 2011).

Dessa perspectiva, o aproveitamento da água pluvial por meio de sua captação, armazenamento e uso torna-se uma opção para a irrigação da agricultura urbana no município de Tangará da Serra (MT). Segundo Slater (2001), a agricultura urbana contempla não só atividades de agricultura (hortas) como também de jardinagem (fins ornamentais) e é praticada no quintal das edificações. Essa afirmação da autora deve-se ao fato de que os formuladores de políticas devem estender sua percepção de agricultura urbana para além das noções economicistas, incluindo os efeitos sociais positivos.

As mulheres que desenvolvem a agricultura urbana utilizam-na em processos de empoderamento, estabelecendo relações sociais, o que estimula também a sensação de segurança e o desenvolvimento comunitário (SLATER, 2001). Até então, essa atividade é realizada com água advinda do sistema público de abastecimento, que deve atender à demanda requerida com qualidade, regularidade e de forma acessível. Isso não ocorreu em anos como 2016, 2019 e 2020, pois o município de Tangará da Serra (MT) passou por crise hídrica.

Para que a água da chuva reservada seja utilizada de forma eficiente na irrigação da agricultura urbana, torna-se necessário conhecer suas propriedades físico-químicas. As condições de contaminação da atmosfera urbana, seja por substâncias químicas dissolvidas, seja por material particulado, bem como a composição dos materiais que formam o sistema de captação e a condição de armazenamento, têm relação direta com as características qualitativas dessa água (XAVIER, 2010).

Além disso, a localização geográfica, a cobertura vegetal e as condições meteorológicas, como a ação dos ventos e a época do ano, podem interferir nas características químicas das precipitações. Similarmente, regiões agrícolas podem contribuir para a carga de poluentes pela dispersão de moléculas de agrotóxicos para a atmosfera (AUGUSTO LEITE *et al.*, 2012).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi classificar a qualidade dos 5 primeiros milímetros da água pluvial monitorando suas propriedades químicas, para compreender a condição de descarte inicial e avaliar a viabilidade de seu uso na irrigação urbana em Tangará da Serra (MT), segundo as diretrizes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Procurou-se também avaliar as possíveis fontes geradoras dos íons mensurados.

METODOLOGIA

Caracterização da região em estudo

O local de coleta das amostras de água pluvial está situado no *campus* da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), com 14°39'0,67" de latitude sul e 57°25'53,46" de longitude oeste, 441 m acima do nível do mar, na região sudeste do município de Tangará da Serra, no Estado do Mato Grosso, Brasil. O local foi selecionado em função da acessibilidade e da segurança do amostrador, tendo em seu entorno próximas benfeitorias como blocos de salas de aula e densidade de tráfego moderado em razão de sua adjacência com a rodovia MT-358 (Figura 1A).

O município de Tangará da Serra é pertencente às microbacias hidrográficas dos rios Queima-Pé, de onde retira água para o abastecimento urbano, e de Ararão, onde são lançados os efluentes tratados e descartados os resíduos sólidos urbanos. Esta última bacia, por sua vez, é onde se encontra o local de estudo e tem parte de seu uso e ocupação baseada em áreas de pastagem (61%), agricultura com predomínio de culturas anuais (26%), savana arborizada com floresta de galeria (11%), massa de água (1,1%), uso urbano (0,65%) e área destinada a aterro sanitário (0,25%) (SILVA, 2014). O município, no entanto, possui 11.601,10 km² de área e densidade de 7,37 habitantes/km² (IBGE, 2020).

Tangará da Serra possui ainda predominância de solo com formação basáltica, relevo composto de 95% de planície disposta entre as serras Tapirapuã e dos Parecis, que delimitam os ecossistemas do Pantanal (sul) e do Chapadão dos Parecis (norte), além de esta última ser o divisor de águas entre as bacias do Amazonas (norte) e do Paraguai-Paraná (sul) (SILVA *et al.*, 2013).

De acordo com Oliveira Aparecido *et al.* (2020), adaptado de Köppen-Geiger e Camargo, o clima é descrito como Aw e TR-UMi, sendo, portanto, tropical úmido, com cinco meses de seca — de maio a setembro — e precipitação média anual de 1.830 mm, com intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março (DALLACORT *et al.*, 2011). Já os ventos predominantes durante o ano, segundo Dallacort *et al.* (2010), são provenientes da direção nordeste, exceto para o período de agosto a setembro, em que predomina a direção sul. As maiores velocidades, de acordo com os autores, ocorrem nos meses secos (maio a setembro) e as maiores intensidades nos horários quentes do dia (13h00 a 17h00).

As coletas foram realizadas diretamente da atmosfera, por meio de um amostrador confeccionado exclusivamente para o estudo (Figura 1B). Esse amostrador tinha características semelhantes ao proposto por Melo e Neto (2007), com funil de coleta em chapa galvanizada e pintura eletrostática texturizada à base de poliéster.

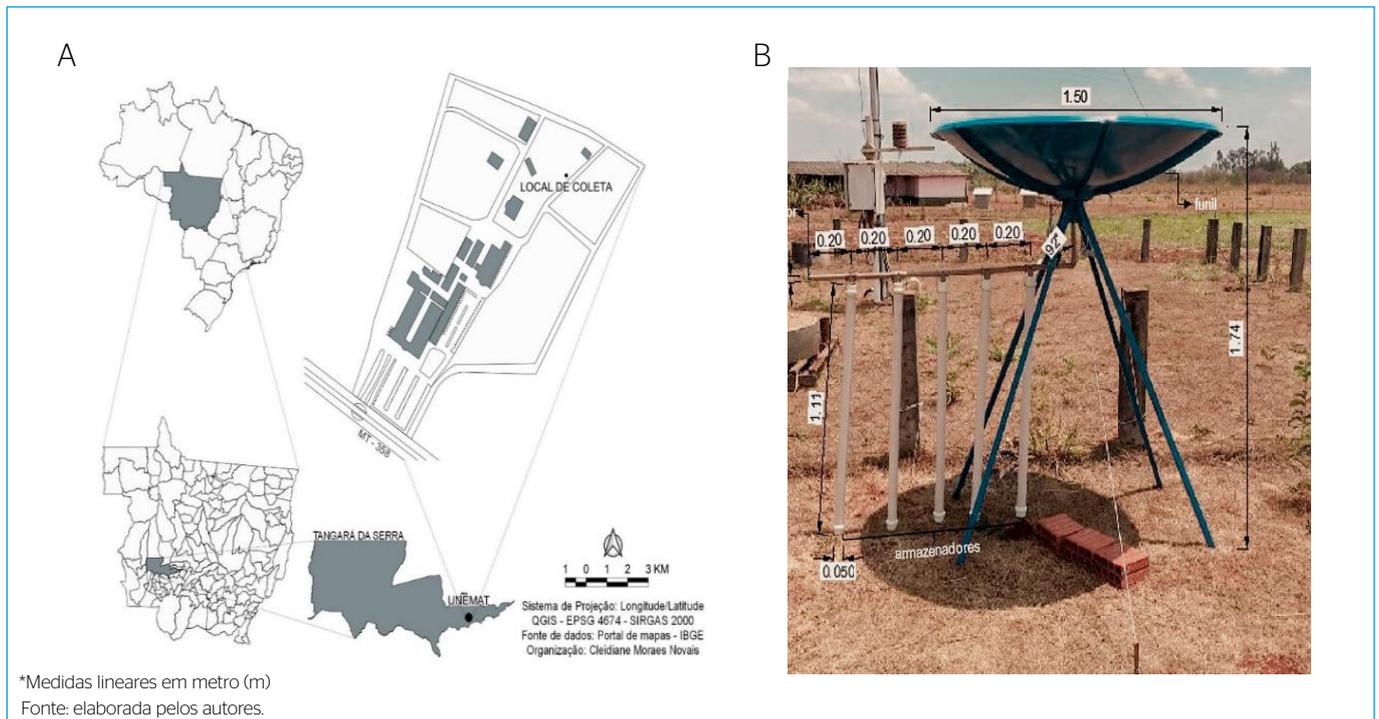


Figura 1 - (A) Localização do ponto de coleta e (B) amostrador*.

Além disso, foram utilizadas tubulações e conexões de policloreto de polivinila (PVC), instaladas com pequena inclinação necessária para armazenar separadamente os 5 primeiros milímetros de chuva. Uma vez preenchidos os armazenadores, toda a água excedente era descartada pelo extravasor, sendo esse processo testado quanto à sequência de enchimento e estanqueidade. Dessa forma, foi possível avaliar se houve melhora da qualidade da água no decorrer do volume precipitado.

Tratamento das amostras e análise estatística

Foram realizadas 54 coletas de água pluvial para cada milímetro avaliado entre os meses de outubro de 2019 e abril de 2020, totalizando 270 amostras. Consideraram-se os eventos representativos (úmidos, ≥ 5 mm) de cada mês, ou seja, que preencheram todos os armazenadores, possibilitando assim a realização de todas as análises químicas necessárias. Por permanecer aberto, no intuito de evitar a contaminação por deposição seca, o amostrador era lavado com água destilada em intervalos de 24 horas ou em cada coleta.

Foram utilizadas, para a retirada das amostras, garrafas de 1 L de polietileno identificadas e ambientadas com a amostra, de modo que no local era medido o pH e, em seguida, era realizado o transporte até o laboratório em caixa térmica refrigerada, respeitando-se as medidas de higiene necessárias.

As análises foram realizadas em triplicatas, em consonância com os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017), no Laboratório de Solos da UNEMAT e no Laboratório de Química e de Materiais da Universidade de Cuiabá (UNIC), ambos no *campus* de Tangará da Serra. Assim, foram analisados os parâmetros de qualidade da água para irrigação, que se definem em função dos critérios de salinidade, sodicidade e toxicidade e devem obedecer aos limites descritos na Tabela 1.

Além disso, foram analisados dados pluviométricos da estação meteorológica automática A902, monitorada pelo Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET), a qual está instalada na área experimental do *campus* da UNEMAT de Tangará da Serra, ao lado do amostrador.

Dessa forma, foi necessário compilar os valores obtidos por meio das análises das amostras de cada milímetro de chuva em planilha eletrônica, e, por eles possuírem variáveis dependentes quantitativas contínuas, submetê-los em primeira análise ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, com 95% de confiança, utilizando o *software* SigmaPlot versão 12.0 (SYSTAT, 2020). Como os dados falharam no teste de normalidade ($p < 0,05$), sendo, portanto, não paramétricos, realizou-se a análise da estatística descritiva, com o cálculo das variáveis quantitativas de mediana e amplitude interquartil.

No intuito de aferir se houve diferenças nos atributos de qualidade da água no decorrer da precipitação, verificou-se ainda pelo *software* SigmaPlot a análise de variância pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Como esse teste responde sobre a diferença estatística entre os grupos analisados e as variáveis de forma limitada, foi necessário, após o teste, realizar o procedimento de comparação múltipla, com o teste de Dunn.

Assim, por meio da estatística descritiva obtida, foi possível interpretar os dados e classificar a água pluvial quanto a sua qualidade para fins de irrigação, bem como aplicar metodologias específicas que fossem capazes de identificar outros prováveis problemas suscitados, descritos na Tabela 2.

Com o *software* *Statistical Package for the Social Sciences* — IBM SPSS® *Statistics* versão 20.0 (IBM BRASIL, 2020) —, foi realizada a matriz de correlação de postos de Spearman para todas as variáveis, para verificar quais compostos químicos se correlacionam. Ainda pelo *software*, foi feita a padronização para a mesma escala das variáveis por meio da fórmula *z-score*, com o intuito de minimizar as diferenças entre as unidades de medidas.

Por fim, realizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) com rotação Varimax, verificando-se a validade do método para as variáveis analisadas, pelos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett, a fim

Tabela 1 - Limites das variáveis de qualidade de água pluvial para água de irrigação e metodologia e equipamentos utilizados para análise.

Parâmetros	Valor Limite	Método	Equipamentos
Acidez ou Alcalinidade			
pH	6-8,5	Peagâmetro	pHEP® 4 Hanna - HI98127
HCO ₃ (bicarbonatos)	610 mg L ⁻¹	Titulação Ácido-Base	Balança analítica, Erlenmeyer, Bureta, Suporte de bureta, Pipeta, Provetas, Balão volumétrico
Salinidade			
CE (condutividade elétrica)	3.000 µS cm ⁻¹	Eletrodo de platina µS.cm ⁻¹ a 25°C	Conduvímeter de Bancada Quimis - Q405M2
TSD (total de sais dissolvidos)	2000 mg L ⁻¹	Conversão da CE	Conversão da CE
Sodicidade			
Ca ²⁺ (cálcio)	401 mg L ⁻¹	Titulação de Complexação	Balança analítica, Erlenmeyer, Bureta, Suporte de bureta, Pipeta, Provetas, Balão volumétrico
Mg ²⁺ (magnésio)	61 mg L ⁻¹	Titulação de Complexação	Balança analítica, Erlenmeyer, Bureta, Suporte de bureta, Pipeta, Provetas, Balão volumétrico
Du (dureza)	< 75: mole 75-150: moderada 150-300: dura > 300: muito dura mg L ⁻¹	Titulação de Complexação	Balança analítica, Erlenmeyer, Bureta, Suporte de bureta, Pipeta, Provetas, Balão volumétrico
Na ⁺ (sódio)	920 mg L ⁻¹	Fotometria de Chama	Fotômetro de chama Analyser - 910
Toxicidade			
Cl (cloretos)	1.064 mg L ⁻¹	Titulação de Precipitação	Balança analítica, Erlenmeyer, Bureta, Suporte de bureta, Pipeta, Provetas, Balão volumétrico
Nutrientes			
K ⁺ (potássio)	1,95 mg L ⁻¹	Fotometria de Chama	Fotômetro de chama Analyser - 910

µS.cm⁻¹: microsiemens por centímetro em unidade do sistema internacional (SI) (1 mmho cm⁻¹ = 1000 µS cm⁻¹); mg L⁻¹: miligrama por litro = partes por milhão (ppm).

Fonte: adaptado de Ayers e Westcot (1991) e Almeida (2010).

Tabela 2 - Classificação para água de irrigação.

Problema	Variável	Análise	Limites
Risco de Salinidade	CE	µS cm ⁻¹	< 700: nenhuma restrição de uso; 700 ≤ CE < 3.000: restrição média de uso; ≥ 3.000: restrição severa de uso.
	TSD	mg L ⁻¹	< 450: nenhuma restrição de uso; 450 ≤ TSD < 2.000: restrição média uso; ≥ 2.000: restrição severa de uso.
Capacidade de Infiltração/ Sodicidade	Razão de Adsorção de Sódio (RAS)	$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$ Na, Ca e Mg expressos em (meq L ⁻¹) ^{1/2} RAS expressa em (mmolc L ⁻¹) ^{1/2} CE expressa em µS cm ⁻¹	RAS = 0-3 e CE = < 200: nenhuma restrição de uso; 200 ≤ CE < 700: restrição média de uso; ≥ 700: restrição severa de uso. RAS = 3-6 e CE = < 300: nenhuma restrição de uso; 300 ≤ CE < 1.200: restrição média de uso; ≥ 1.200: restrição severa de uso. RAS = 6-12 e CE = < 500: nenhuma restrição de uso; 500 ≤ CE < 1.900: restrição média de uso; ≥ 1.900: restrição severa de uso. RAS = 12-20 e CE = < 1.300: nenhuma restrição de uso; 1.300 ≤ CE < 2.900: restrição média de uso; ≥ 3.000: restrição severa de uso. RAS = 20-40 e CE = < 2.900: nenhuma restrição de uso; 2.900 ≤ CE < 5.000: restrição média de uso; ≥ 5.000: restrição severa de uso.
Risco de Toxicidade	Sódio	mg L ⁻¹	< 69: nenhuma restrição de uso; 69 ≤ Na ⁺ < 207: restrição média de uso; ≥ 207: restrição severa de uso.
	Cloro	mg L ⁻¹	142: nenhuma restrição de uso; 142 ≤ Cl ⁻¹ < 355: restrição média de uso; ≥ 355: restrição severa de uso.

CE: condutividade elétrica; TSD: total de sólidos dissolvidos; RAS: razão de adsorção de sódio.

Fonte: Ayers e Westcot (1991) e Almeida (2010).

de descrever a estrutura das correlações e o grau de importância de cada fator extraído na explicação da variabilidade total dos dados avaliados. Dessa forma, foi possível avaliar possíveis fontes locais geradoras desses íons.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos de qualidade da água pluvial

A precipitação total entre outubro de 2019 e abril de 2020 foi de 995,60 mm, 70% do total obtido para os mesmos meses, de 2015 a 2016, este último um ano de crise hídrica no município (ANA, 2020; INMET, 2020). Considerando-se que a média histórica desse mesmo período é de 1.456 mm (ANA, 2020) e que no mês de maio se iniciou o período seco, a ocorrência de nova falta de água para o abastecimento de Tangará da Serra (MT) era provável e aconteceu, pois soluções técnicas para aumentar a disponibilidade desse recurso não foram executadas.

Na Figura 2, as barras representam a precipitação amostrada e, acima delas, estão os números de coletas efetuadas em cada mês (sem escala), demonstrando ainda que os meses de dezembro de 2019, janeiro de 2020 e março de 2020 apresentaram quantidade menor de coletas por milímetro de chuva, por conta da ocorrência de menores quantidades e maiores durações de precipitações.

Os resultados obtidos pela análise global das amostras (Tabela 3) ficaram de acordo com os limites adequados para as diretrizes da FAO (Tabela 1) para qualidade de água utilizada em irrigação agrícola (exceto pH) (AYERS;

WESTCOT, 1991). Pôde-se observar uma influência temporal, de modo que os valores das medianas de cada parâmetro avaliado se mostraram maiores para o 1º e 2º milímetro; do 3º ao 5º, ocorreu tendência a estabilização, com menores variações entre eles.

A ampla faixa de variação dos resultados encontrados demonstra que o meio ambiente que envolve a região de amostragem interfere nas propriedades da água pluvial, pois algumas coletas geraram valores considerados elevados enquanto outras não. Conforme resultados da análise de variância (Tabela 3), o 1º milímetro teve as maiores concentrações, diferindo estatisticamente dos demais.

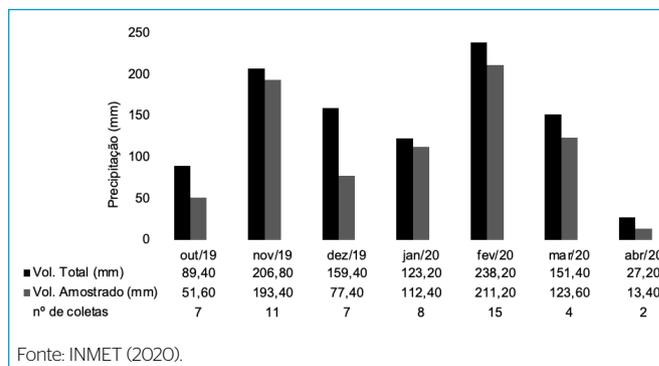


Figura 2 - Número de coletas em função da variação dos totais mensais de precipitação e de suas lâminas amostradas no período entre outubro de 2019 e abril de 2020.

Tabela 3 - Resultados da análise das concentrações das variáveis químicas correspondentes às amostras de chuva coletadas, da análise de variância e limites das variáveis de qualidade de água pluvial para água de irrigação.

Variável	Análise	Amostra					Limites FAO
		1º mm	2º mm	3º mm	4º mm	5º mm	
pH	Mediana ± AIQ	6,35 ± 0,78 a	6,18 ± 0,61 ab	6,05 ± 0,64 b	5,97 ± 0,57 b	5,94 ± 0,56 b	6 - 8,5
HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	6,78 ± 4,41 a	5,29 ± 2,53 ab	4,40 ± 2,03 bc	4,08 ± 0,33 c	4,07 ± 0,33 c	610 mg L ⁻¹
CE (µS cm ⁻¹)	Mediana ± AIQ	23,68 ± 12,30 a	17,38 ± 6,18 b	14,86 ± 6,96 bc	11,38 ± 5,88 cd	10,39 ± 3,99 d	3.000 µS cm ⁻¹
TSD (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	16,57 ± 20,30 a	12,16 ± 13,86 b	10,40 ± 12,86 bc	7,96 ± 11,20 cd	7,27 ± 9,29 d	2.000 mg L ⁻¹
Du (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	6,52 ± 6,36 a	3,91 ± 3,92 a	1,96 ± 2,66 b	1,95 ± 2,00 b	1,95 ± 2,00 b	< 75: mole 75-150: moderada 150-300: dura > 300: muito dura mg L ⁻¹
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	0,95 ± 0,65 a	0,48 ± 0,49 b	0,47 ± 0,32 b	0,47 ± 0,17 b	0,47 ± 0,32 b	61 mg L ⁻¹
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	0,79 ± 1,57 a	0,78 ± 0,27 a	0 ± 0,79 b	0 ± 0,52 b	0 ± 0,26 b	401 mg L ⁻¹
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	0,49 ± 0,25 a	0,17 ± 0,18 b	0,06 ± 0,18 b	0,06 ± 0,18 b	0,06 ± 0,18 b	920 mg L ⁻¹
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	3,99 ± 0,68 a	3,33 ± 0,40 b	3,01 ± 0,88 bc	2,68 ± 1,31 c	2,10 ± 0,68 d	1.064 mg L ⁻¹
K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mediana ± AIQ	0,14 ± 0,17 a	0,03 ± 0,02 b	0,03 ± 0,02 b	0,03 ± 0,02 b	0,03 ± 0,02 b	1,95 mg L ⁻¹

FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura; AIQ: Amplitude Interquartil Nota: letras iguais na horizontal são referentes a valores que não diferem estatisticamente entre si; p = <0,001; Método de análise não paramétrico: Teste de Kruskal-Wallis e Teste de Dunn.

Fonte: elaborada pelos autores.

Os valores medianos do 1º milímetro são significativamente maiores para todas as variáveis em relação aos demais milímetros avaliados, principalmente ao 3º, 4º e 5º milímetros. Por meio dessa análise também é possível esclarecer o procedimento de descarte da precipitação inicial, comum durante a captação da água pluvial para uso. Essa tendência foi constatada por outros autores (MELO; NETO, 2007; HAGEMANN; GASTALDINI, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016).

Além da análise individual, a avaliação global dos íons presentes na água é indispensável. Ayers e Westcot (1991) comentam que algumas culturas podem ter grau de tolerância diversificado em função do excesso de certos cátions e ânions, como os avaliados no presente estudo. Assim, são poucos os cultivos que usam quantidades significativas de sais, geralmente as plantas halófitas, e o aumento da salinidade do substrato, provocado por irrigações sucessivas, pode agravar a produtividade, sendo importante estimar a relação da composição química da água.

Risco de acidez ou alcalinidade

O 1º milímetro de água pluvial teve pH com valor da mediana de 6,35, em conformidade com os limites especificados (6,0–8,5) para água utilizada em irrigação e, analogamente, próximo de resultados reportados por outros autores para áreas urbanizadas no Brasil, como Cuiabá/MT (6,79), Cuiabá/MT (5,94) Sorocaba/SP (6,36), Rio Claro/SP (5,68) e Santa Maria/RS (5,9) (SANTOS, 2010; CONCEIÇÃO *et al.*, 2011; MARQUES, 2011; HAGEMANN; GASTALDINI, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016).

Essa alcalinidade pode ser compreendida pelo fato de a chuva carregar material particulado em suspensão na atmosfera, rico em carbonatos e bicarbonatos, que tamponam sua acidez (KULSHRESTHA *et al.*, 2003). Esse fato também justifica a presença do íon HCO_3^- nas amostras analisadas, que tiveram as concentrações medianas, a inicial (1º mm) — de 6,78 mg L^{-1} — e a final — de 4,07 mg L^{-1} (5º mm) — abaixo do limite máximo recomendado.

Entretanto, o pH mediano dos demais milímetros (2º ao 5º) apresentou valores menores e minimamente abaixo do limite inferior exigido (6,0), tendo apenas 21% do total de suas amostras sido consideradas ácidas, ou seja, com pH abaixo de 5,6. Esse valor, por sua vez, é admitido como neutro para água pluvial, por conta do processo de solubilização parcial do dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera e do equilíbrio da dissolução parcial do ácido carbônico (H_2CO_3) formado, que diminuem seu pH natural. Esses valores aproximaram-se do estudo de Marques (2011) para a área urbana do município de Cuiabá/MT, região estudada mais próxima.

Além disso, 52% dessas amostras ácidas possuíam pH acima do mínimo considerado (5,0) para que a água pluvial tenha tido seu processo de acidificação por meios naturais (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011). Esses valores concentraram-se em precipitações com datas específicas dos meses de novembro e dezembro, tendo em sua maioria intervalos de zero a um dia sem chuva anterior à coleta, ou seja, com menor interferência da contaminação atmosférica. Hagemann e Gastaldini (2016) constataram que o pH tende a aumentar e, assim, se enquadrar na faixa especificada após a passagem da água pluvial pela superfície de captação e armazenamento.

Dessa forma, a faixa de pH apresentada pela água pluvial captada e armazenada na região estudada não tende a ser considerada ácida, eliminando, assim, possíveis reações químicas indesejáveis durante seu armazenamento e uso na irrigação. Essas reações são provocadas por íons tóxicos que podem desencadear desequilíbrios de nutrição para os cultivos. Além disso, o pH fora

da faixa especificada (Tabela 1) pode transfigurar a população microbiana do solo e danificar o sistema radicular das plantas (SAZAKLI; ALEXOPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007).

Cabe ressaltar que valores elevados de pH por excesso de íons alcalinos como o HCO_3^- , por exemplo, que estejam fora de seu limite máximo (8,5), também poderiam gerar problemas, como o surgimento de incrustações em tubulações utilizadas para a passagem da água (ALMEIDA, 2010).

Risco de salinidade

A condutividade elétrica alcançou o valor mediano para o 1º milímetro de 23,68 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (com 16,57 mg L^{-1} de TSD), estando de forma significativa abaixo do máximo recomendado por Ayers e Westcot (1991) para evitar o perigo de salinidade do solo quando na utilização da água em irrigação de cultivos. Esse resultado demonstra que, apesar de a ocorrência ser pequena, não tendo a água pluvial restrição de uso por essa classificação, existem íons de impurezas na atmosfera que são dissolvidos pela umidade, de forma que a CE depende da natureza e dos teores desses compostos.

Houve decréscimo evidente entre o 1º e 2º milímetro (CE de 17,38 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e TSD de 12,16 mg L^{-1}), indicando redução na concentração dos sais e, assim, melhora na qualidade da água. Entretanto, a partir do 3º milímetro, os valores encontrados foram próximos e condizem com os de outros estudos, como os realizados por Melo e Neto (2007) e Lopes (2012).

Costa *et al.* (1998) ressaltam que a água de irrigação com alto grau salino pode causar problemas de forma direta, pelo acúmulo de sais no solo, com a evaporação da água e/ou o consumo pelas plantas, bem como de forma indireta, por conta do incremento no potencial osmótico, que também causa redução na disponibilidade de água.

Ambas as situações prejudicam os cultivos, principalmente os mais sensíveis. Esse fato foi constatado por Cordeiro (2000), que avaliou a perda de produtividade em função dos valores de CE, considerando 100% da produtividade potencial, das hortaliças beterraba (2,5%), alface (0,9%) e pimenta (1%); dos frutos tomate (1,7%), abacate (0,9%) e laranja limão (1,1%); e da gramínea capim-bermuda (4,6%).

Ressalta-se que existiu influência do regime pluviométrico quando comparadas as coletas nos diferentes tempos e intensidades de chuva (Figura 3). Houve tendência a diluição/redução dos íons mensurados e por consequência da condutividade elétrica quando ocorreram chuvas mais intensas e/ou intervalos pequenos entre precipitações consecutivas. O pH apresentou comportamento similar, sugerindo a interferência dos compostos ionizados para sua alcalinidade.

Capacidade de infiltração da água pluvial no solo e risco de sodicidade

Entre os parâmetros que podem interferir na sodicidade e na capacidade de infiltração da água no solo estão a concentração de sódio em relação às de cálcio e magnésio. Os valores medianos encontrados no 1º milímetro, que por sua vez teve maior ocorrência, foram 0,49 $\text{mg Na}^+ \text{L}^{-1}$, 0,79 $\text{mg Ca}^{2+} \text{L}^{-1}$ e 0,95 $\text{mg Mg}^{2+} \text{L}^{-1}$, respectivamente. Para pH e CE, os teores desses íons diminuíram ao longo da precipitação amostrada, obtendo no 5º milímetro valores medianos de 0,06 $\text{mg Na}^+ \text{L}^{-1}$, 0,0 $\text{mg Ca}^{2+} \text{L}^{-1}$ e 0,47 $\text{mg Mg}^{2+} \text{L}^{-1}$.

Os valores registrados para esses íons no 1º milímetro foram superiores aos da análise de Marques (2011), realizada entre fevereiro de 2006 e novembro de 2009, para o município de Cuiabá/MT. Essa diferença ocorre em razão

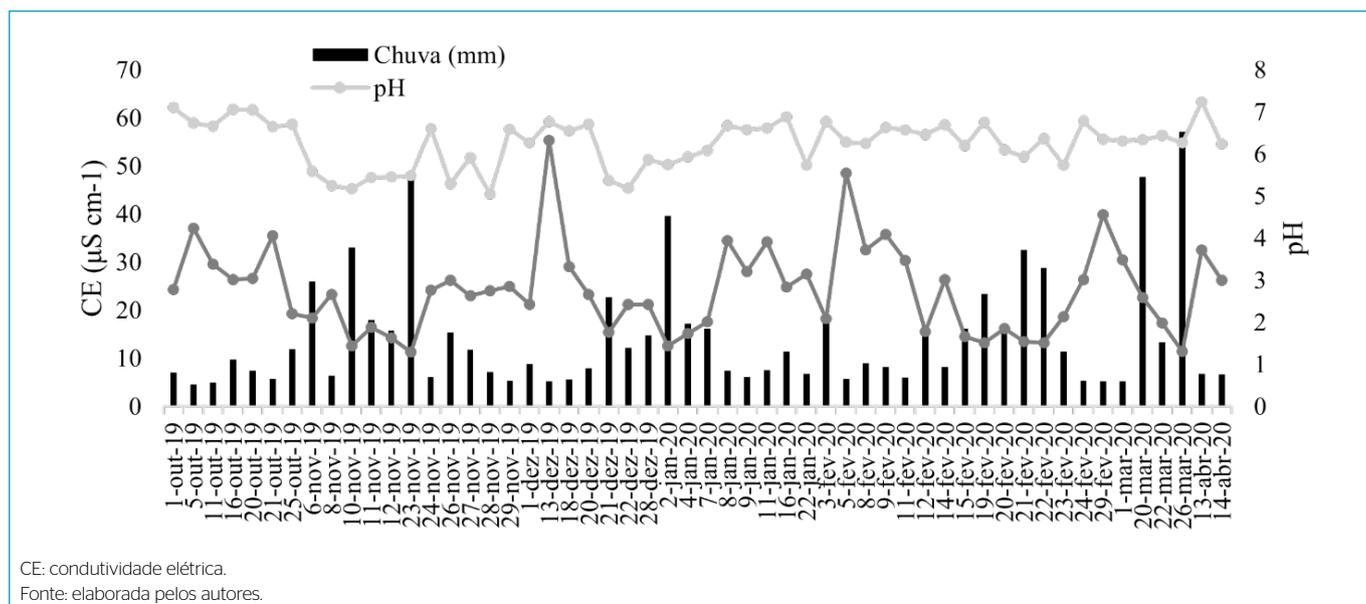


Figura 3 - Lâmina total precipitada em cada dia de coleta em relação aos respectivos valores de pH e condutividade elétrica para o 1º milímetro amostrado.

da variação temporal, da metodologia e do período de análise diferentes (o presente estudo engloba apenas a estação chuvosa), além da diversificação de características físicas entre as duas regiões no uso e ocupação do solo.

Esses íons são variáveis utilizadas na determinação da razão de adsorção de sódio (RAS), que, por sua vez, possui papel preponderante em conjunto com a salinidade (CE/TSD) na análise do efeito de sódio trocável. Essa relação pode provocar a deterioração do solo, bem como alterar sua capacidade de infiltração, ou seja, a taxa que a água de irrigação atravessa pela superfície do solo. Nesse sentido, para o mesmo tipo de solo, a capacidade de infiltração será maior quanto maior for a salinidade e menor quanto maior for a RAS e/ou quanto menor for a salinidade (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Sendo assim, quando há redução da permeabilidade do solo em consequência da má qualidade da água, ocorre uma permanência de lâmina d'água na camada superficial do solo. Essa lâmina retida drena em baixa velocidade, não garantindo assim a aeração do sistema radicular das culturas em sucessivas irrigações.

Nesse contexto, a RAS alcançou valores medianos muito baixos para todos os milímetros analisados de 0,09 ($\text{mmol L}^{-1/2}$) (1º milímetro) para 0,02 ($\text{mmol L}^{-1/2}$) (5º milímetro). Como os valores ficaram entre os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1991) de 0 e 3 ($\text{mmol L}^{-1/2}$) e a CE abaixo de $200 \mu\text{S cm}^{-1}$, não há restrição quanto ao uso da água pluvial na irrigação de culturas, que pode alcançar seu potencial produtivo máximo.

Entretanto, cabe ressaltar que a classificação proposta por Ayers e Westcot (1991) leva em consideração condições específicas de manejo da água de irrigação e de drenagem interna dos solos. Nesse sentido, como a CE da água pluvial resultou em valor muito baixo, comprovações com experimentos solo-água-planta em campo são essenciais, visto que Cabello (1987) sugere que valores de salinidade abaixo de $200 \mu\text{S cm}^{-1}$, mesmo possuindo valores baixos de RAS, podem gerar alto risco de sodicidade e baixa capacidade de infiltração da água no solo.

Esse fato foi comprovado por Bagarello *et al.* (2006), os quais estudaram o efeito da redução da sodicidade na condutividade hidráulica do solo saturado. Os autores constataram que a água pluvial tende a causar lixiviação dos sais e minerais solúveis, como o Ca, diminuindo sua influência de estabilizar a

estrutura do solo. Dessa forma, a dispersão das partículas finas do solo acarreta a obstrução dos poros, que acabam por reduzir a condutividade hidráulica e, por conseguinte, a infiltração.

Almeida Neto *et al.* (2009) verificaram ainda que a água pluvial, por ter baixos valores de CE e RAS, causa maior prejuízo às características físico-hídricas da classe de latossolo vermelho distroférrico típico, pelo menos até a profundidade do perfil que gera desequilíbrio eletrolítico, causando alterações físico-químicas detectáveis, como a dispersão da argila do solo.

Em contrapartida, uma solução para recuperar solos com excessivo conteúdo de sódio é o emprego de águas de irrigação consideradas duras, e essa avaliação pode ser feita por meio da variável dureza (ALMEIDA, 2010). Essa análise define o conteúdo de carbonato de cálcio existente e, para as amostras de água pluvial analisadas no presente estudo, todas foram classificadas por seus valores medianos como muito moles/doces.

Risco de toxicidade

A toxicidade ocorre quando determinados íons são absorvidos especialmente pelas raízes das plantas e se acumulam em suas folhas por conta da transpiração, de modo a alcançar concentrações nocivas (ALMEIDA, 2010). Os íons de cloro e sódio são alguns dos que podem gerar esse inconveniente. Nas amostras analisadas o valor mediano máximo foi alcançado pelo Cl^- no 1º milímetro, com $3,99 \text{ mg Cl}^- \text{ L}^{-1}$, e assim como o Na^+ se enquadrou nos limites especificados por Ayers e Westcot (1991) e se aproximou do valor registrado por Lopes (2012), sem apresentar perigo de toxicidade pelo uso da água pluvial na irrigação.

O cloro afeta os cultivos com a ocorrência de clorose foliar evidenciada nas partes mais iluminadas, que incorre em necrose das bordas das folhas, assim como nos solos calcários reduz a probabilidade de absorção de fósforo e nitrogênio para as plantas. Já o sódio é considerado o sal mais perigoso e manifesta-se nas plantas por meio de queimaduras, principalmente por ter na absorção foliar maior eficácia, o que acelera sua acumulação nas folhas (CABELLO, 1987).

Esses íons podem ser absorvidos ainda pelas raízes das plantas, transportados pelo caule e acumulados em suas folhas e/ou imediatamente pelas folhas

no período de irrigação por aspersão. Esses problemas de toxicidade geralmente se relacionam aos de salinidade e/ou sodicidade do solo, nos quais os cultivos perenes, como as frutíferas, costumam ser mais sensíveis que os de ciclo breve (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Correlação e análise de componentes principais

Considerando-se as correlações entre as variáveis analisadas, apesar de existir baixa correlação negativa para os cinco milímetros de chuva avaliados e as concentrações de íons químicos presentes nas amostras de água pluvial, pode-se observar que essa relação inversa influencia na “limpeza” dessa água no decorrer da precipitação (Tabela 4).

Para as cargas fatoriais rotacionadas dos dois componentes principais (CP) que, juntos, explicaram 72,78% da variância total dos dados e tiveram portanto autovalores (λ) superiores a 1, foi possível constatar que o primeiro fator (CP1) subjacente ao conjunto de variáveis associadas à contaminação da água pluvial é significativamente representado por cinco variáveis originais: potássio, CE, sódio, bicarbonato e cloreto, respectivamente (valores destacados em negrito — Tabela 5).

Dessa forma, o CP1 explica 58,61% da variância total e sugere que há variabilidade na composição química da água da chuva do município de Tangará da Serra (MT), como consequência de cargas poluidoras advindas de fontes com origens naturais e antrópicas associadas às atividades de uso e ocupação do solo da região descritas na seção Metodologia. Carvalho Junior (2004) afirma que a “distribuição espacial da química da precipitação reflete marcadamente a proximidade de uma dada área com as várias fontes”.

Observa-se, tanto pela Tabela 4 como pela Tabela 5, que as concentrações dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , assim como a dureza, demonstraram forte correlação positiva e, juntas, compõem o segundo fator principal (CP2), explicando 14,17% da variância total dos dados analisados. Carvalho Junior (2004) afirma que geralmente esses íons estão relacionados às fontes de origem natural; assim, essa ocorrência pode estar ligada à suspensão de poeira gerada pelo solo, pois na região se tem o basalto como principal substrato rochoso. Já o parâmetro pH não apresentou carga fatorial significativa, ficando isolado dos demais elementos.

Destacam-se, ainda, a forte correlação positiva entre Na^+ e K^+ e suas correlações também positivas com o Cl⁻, mesmo que em menor intensidade. Elas

Tabela 4 - Matriz de correlação de Spearman ($p \leq 0,01$) para os 5 milímetros coletados e as variáveis químicas analisadas*.

	mm	pH	HCO ₃	CE	Ca	Mg	Du	Cl	Na	K
mm	1	-0,291	-0,428	-0,594	-0,543	-0,304	-0,548	-0,641	-0,567	-0,380
pH		1	0,349	0,494	0,419	0,428	0,462	0,350	0,369	0,395
HCO ₃			1	0,543	0,544	0,458	0,531	0,404	0,118	0,034
CE				1	0,515	0,441	0,537	0,546	0,346	0,261
Ca					1	0,731	0,955	0,380	0,222	0,104
Mg						1	0,848	0,260	0,198	0,120
Du							1	0,396	0,272	0,153
Cl								1	0,421	0,390
Na									1	0,870
K										1

*Os valores em itálico indicam correlações com $p > 0,05$ e os em negrito, correlações significativas.

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 5 - Carga fatorial e variação explicada para a composição do primeiro milímetro de água pluvial*.

Variável	Sigla	CP1	CP2	Comum
Potencial Hidrogeniônico	pH	0,467	0,411	0,387
Bicarbonato	HCO ₃	0,707	0,418	0,675
Condutividade Elétrica	CE	0,823	0,229	0,731
Cálcio	Ca	0,245	0,931	0,927
Magnésio	Mg	0,321	0,870	0,860
Dureza	Du	0,279	0,952	0,984
Cloreto	Cl	0,677	0,179	0,491
Sódio	Na	0,776	0,205	0,644
Potássio	K	0,873	0,300	0,852
	λ	5,275	1,275	6,550
	% variância	58,612	14,170	72,782

*Os valores em negrito indicam correlação simples entre as variáveis e os fatores (componentes principais – CP). A coluna “comum” indica a porção do autovalor (λ) que uma variável compartilha com todas as outras variáveis consideradas. Método de extração: Análise de Componentes Principais (ACP). Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser.

Fonte: elaborada pelos autores.

podem estar associadas às emissões biogênicas e às fontes de origem antropogênicas, como nas atividades agropecuárias, com a aplicação de fertilizantes no solo (KCl), por exemplo. Conforme constatado, 87% da área da bacia hidrográfica correspondente ao local de coleta das amostras é ocupada para esse fim, além do impacto provocado pelas emissões advindas da proximidade com a zona urbana da região (K⁺) (SILVA, 2014; SANTOS; GASTMANS, 2016).

Além disso, as partículas e gases advindos de incêndios florestais em contato com a umidade dão origem a sais como o K⁺ e Cl⁻. Segundo dados do Mapa de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no período de análise das precipitações, Mato Grosso foi responsável por 62% dos focos de queimadas registrados para a Região Centro-Oeste do Brasil (YAMASOE *et al.*, 2000; INPE, 2020).

Ressalta-se que, para o período estudado (chuvoso), as condições climáticas são mais favoráveis. Assim, essa contaminação tende a ser agravada no período de seca, pois os ventos na região são mais fortes, segundo Dallacort *et al.* (2010), capazes de dissipá-la rapidamente, mas há baixa umidade para facilitar a remoção desses poluentes da atmosfera. Os elementos pertencentes ao mesmo fator e que apresentaram maiores pesos na determinação da CE são os íons Cl⁻ e HCO₃²⁻. Mesmo com baixa correlação positiva, esse fato pode ser um indicativo de que esses íons que provocam a CE também são capazes de elevar o pH inicial da água.

Já a presença de bicarbonatos pode ser explicada não apenas pelo fato de a região de estudo ter ocorrência de minas de calcário (44 km de distância) (SOARES; NOGUEIRA, 2008), como também por este ser utilizado no processo de calagem em áreas agrícolas próximas ao ponto de coleta, com o intuito de corrigir o pH do solo para lavouras. Por apresentar o carbonato de cálcio (CaCO₃) como componente químico principal, o calcário, ao ser disperso pelo vento na atmosfera, pode se dissolver na água pluvial, liberando o ânion CO₃²⁻, que ao reagir com o cátion H⁺ forma o bicarbonato (HCO₃⁻).

CONCLUSÃO

Constatou-se que o descarte dos 2 milímetros iniciais das precipitações melhora consideravelmente a qualidade da água captada, pois eles se mostraram mais críticos com relação às contaminações atmosféricas. Mesmo com sais presentes, as concentrações desses íons encontradas estiveram entre os limites estabelecidos pelas diretrizes da FAO, segundo a qual, em referência à classificação da qualidade da água pluvial, não há restrição de uso na irrigação da agricultura urbana.

Por outro lado, ressalta-se a importância de avaliações em períodos maiores de monitoramento, além de comprovações de campo mediante ensaios e experimentos de interação da água pluvial armazenada, cultivo e solo. Isso pelo fato de o teste de correlação, bem como a ACP, demonstrarem interação entre as variáveis analisadas. Esse fato demonstra que tanto fontes com origens naturais quanto antrópicas, associadas às atividades de uso e ocupação do solo no município de Tangará da Serra (MT), fornecem elementos importantes para a atmosfera local, relacionados com a modificação da composição química da água pluvial e, conseqüentemente, com a alteração de suas características naturais.

Assim, o descarte dos milímetros iniciais auxilia na melhora da qualidade da água pluvial, tornando sua captação, armazenamento e uso uma opção viável para a irrigação de espécies cultivadas no quintal das edificações, nos jardins e arborização urbana. Esse método torna-se uma solução de parte do problema de escassez hídrica para o abastecimento urbano do município de Tangará da Serra (MT), evidenciada pelo baixo índice pluviométrico no período de análise.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Novais, C.M.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição. Queiroz, T. M.: Supervisão, Escrita — Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos 2018*. Brasil: ANA, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). *HidroWeb*. Brasil: ANA, 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- ALMEIDA, O.A. *Qualidade da água de irrigação*. S.l.: s.n., 2010.
- ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, A.T.; ABRAHÃO, W.A.P.; COSTA, L.M.; DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 6, p. 1571-1581, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600006>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Estados Unidos: APHA, 2017.
- AUGUSTO LEITE, M.; SANTOS, G.O.; FRANCO, R.A.M.; HERNADEZ, F.B.T.; ZOCOLER, J. Análise de parâmetros de água de chuva para irrigação. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2012, Fortaleza. *Workshop*. Fortaleza, 2012.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1991.
- BAGARELLO, V.; IOVINO, M.; PALAZZOLO, E.; PANNO, M.; REYNOLDS, W.D. Field and laboratory approaches for determining sodicity effects on saturated soil hydraulic conductivity. *Geoderma*, v. 130, n. 1-2, p. 1-13, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.004>
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: s.n., 2006.
- CABELLO, F.P. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. 1987. Disponível em: https://bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay?vid=56UDC_INST:56UDC_INST&tab=Ev. Acesso em: 10 jun. 2020.
- CARVALHO JUNIOR, V.N. Deposição atmosférica e composição química da água de chuva. *Revista Tecnologia*, v. 25, n. 2, p. 61-71, 2004.
- CONCEIÇÃO, F.T.; SARDINHA, D.S.; NAVARRO, G.R.B.; ANTUNES, M.L.P.; ANGELUCCI, V.A. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do Alto Sorocaba (SP). *Química Nova*, v. 34, n. 4, p. 610-616, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000400011>
- CORDEIRO, G.G. *Níveis de tolerância das culturas a teorias de sais no solo e na água de irrigação*. Instruções técnicas da Embrapa Semi-Árido. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000.

- COSTA, R.; MORAIS, E.R.C.; MAIA, C.E.; OLIVEIRA, M. Analíticas do Banco de Dados do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. *Revista Caatinga*, v. 11, p. 75-83, 1998.
- DALLACORT, R.; MARTINS, J.A.; INOUE, M.H.; FREITAS, P.S.L.; COLETTI, A.J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v33i2.5838>
- DALLACORT, R.; MOREIRA, P.S.P.; INOUE, M.H.; SILVA, D.J.; CARVALHO, I.F.; SANTOS, C. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 3, p. 359-364, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0102-77862010000300007>
- GNADLINGER, J. *Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água (FMA), em Kioto, Japão, 16 a 23 de março de 2003*. 2003.
- HAGEMANN, S.E.; GASTALDINI, M.C.C. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria-RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 3, p. 525-536, 2016. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011615010>
- IBM BRASIL. *Análise estatístico de dados com o software SPSS*. 2020. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/spss-statistics-software>. Acesso em: 5 jun. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *IBGE divulga as Estimativas de População dos municípios para 2018*. Brasil: IBGE, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Tangará da Serra*: panorama. Brasil: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/tangara-da-serra/panorama>. Acesso em: 18 maio 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Estações automáticas*. Brasil: INMET, 2020. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTKwMg==. Acesso em: 25 maio 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Situação atual - Programa Queimadas*. INPE, 2020. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/situacao-atual/>. Acesso em: 11 jun. 2020.
- KULSHRESTHA, U.C.; KULSHRESTHA, M.J.; SEKAR, R.; SASTRY, G.S.R.; VAIRAMANI, M. Chemical characteristics of rainwater at an urban site of south-central India. *Atmospheric Environment*, v. 37, n. 21, p. 3019-3026, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00266-8](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00266-8)
- LOPES, G.B. *Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na universidade federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)*. 190f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- MARQUES, R. *Avaliação temporal da composição química das águas de chuva e do material particulado inalável: estudo aplicado à Cuiabá-MT*. 129f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- MELO, L.R.C.; NETO, C.O. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007. *Anais...* 2007. v. 24.
- OLIVEIRA APARECIDO, L.E.; MORAES, J.R.S.C.; MENESES, K.C.; TORSONI, G.B.; LIMA, R.F.; COSTA, C.T.S. Köppen-Geiger and Camargo climate classifications for the Midwest of Brasil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 142, n. 3-4, p. 1133-1145, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03358-2>
- PEREIRA, J.S. *Recursos hídricos: conceituação disponibilidade e usos*. Brasília: s.n., 2004.
- SANTOS, L.G. *Avaliação da dispersão atmosférica e da deposição úmida de agrotóxicos em Lucas do Rio Verde, MT*. 125f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
- SANTOS, V.; GASTMANS, D. Composição química da água de chuva em Rio Claro (SP). *Revista do Instituto Geológico*, v. 37, n. 2, p. 45-60, 2016. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.20160008>
- SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M. Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Research*, v. 41, n. 9, p. 2039-2047, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.037>
- SILVA, G.C.O. *Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá e seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis nas edificações*. 142f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
- SILVA, J.W.S.; CRUZ, E.A.L.; NUNES, P.A.S.S.; NUNES, J.R.S. Levantamento de impactos ambientais sobre os remanescentes de vegetação ciliar do Córrego Figueiras em Tangará da Serra-MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 11, n. 1, p. 89-98, 2013.
- SILVA, O.A. O uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Ararão e os impactos associados, Tangará da Serra-MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 7, 2014. *Anais...*, 2014.
- SILVEIRA, A.; LIMA, J.L.M.P.; LIMA, M.I.P.; SILVA, G.C.O.; NASPOLINI, B.F. Análise comparativa da qualidade da água da chuva precipitada e coletada em coberturas em dois locais no Brasil e em Portugal. *Revista Engenharia Civil*, n. 52, p. 23-32, 2016.
- SLATER, R.J. Urban agriculture, gender and empowerment: an alternative view. *Development Southern Africa*, v. 18, n. 5, p. 635-650, 2001. <https://doi.org/10.1080/03768350120097478>
- SOARES, J.L.; NOGUEIRA, A.C.R. Depósitos carbonáticos de Tangará da Serra (MT): uma nova ocorrência de capa carbonática neoproterozóica no sul do Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 4, p. 715-729, 2008. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2008384715729>
- SYSTAT. *SigmaPlot 12.0 | Ferramentas para a Ciência*. 2020. Disponível em: <https://systatsoftware.com/>. Acesso em: 12 maio 2020.
- XAVIER, R.P. *Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano*. 130f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4045>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- YAMASOE, M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H.; ALLEN, A.G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, v. 34, n. 10, p. 1641-1653, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00329-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00329-5)