

Qualidade da água para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Branco, no Sudoeste Mato-grossense: região de expansão do agronegócio

Water quality for irrigation in the hydrographic basin of Rio Branco, Southwestern Mato Grosso, an expansion region in agribusiness

Jéssica Ramos de Oliveira¹, Tadeu Miranda de Queiroz²

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Branco está localizada em áreas de expansão agrícola no Mato Grosso, e devido à abundância hídrica, possibilita a implantação de sistemas de irrigação, dessa forma torna-se importante avaliar a qualidade das águas para o uso agrícola, haja vista também não haver estudo semelhante no local. Portanto, objetivou-se caracterizar e avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco por meio de diretrizes de uso na irrigação, considerando aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade e risco de redução de infiltração. As coletas de água foram realizadas mensalmente, de outubro de 2017 a setembro de 2018, em doze pontos distribuídos ao longo da bacia. Foram analisadas variáveis físicas, químicas e microbiológicas: temperatura, potencial hidrogeniônico, sólidos totais, turbidez, condutividade elétrica, sódio, potássio, cálcio, magnésio, bicarbonatos, cloretos, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados revelaram águas em conformidade para uso na irrigação, com restrição de uso para as variáveis de turbidez, potencial hidrogeniônico e coliformes termotolerantes. Pelos critérios de classificação sugeridos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, constatou-se ausência de restrição de uso quanto à salinidade e toxicidade, contudo todos os pontos analisados apresentaram grau de restrição severa quanto ao risco de redução da infiltração. Portanto, a água da bacia hidrográfica pode ser utilizada para irrigação, desde que haja acompanhamento técnico, devendo evitar seu uso em alimentos consumidos crus, dessa maneira o estudo contribui para o manejo e planejamento dos usos dos recursos hídricos, como também na orientação de projetos de expansão da agricultura irrigada na região.

Palavras-chave: RAS. Risco de infiltração. Salinidade. Sodicidade. Toxicidade.

ABSTRACT: The hydrographic basin of the Rio Branco lies within the agricultural expansion areas in Mato Grosso, Brazil. Due to hydric abundance, the implantation of irrigation system is possible even though it is relevant to evaluate the water quality for use in agriculture. No such investigation has yet been undertaken. Water quality of the hydrographic basin of the Rio Branco has been characterized and evaluated with regard to irrigation, or rather, salinity, sodicity, toxicity and infiltration reduction risk. Water collection was done monthly, between October 2017 and September 2018, at twelve sites along the basin. Physical, chemical and microbiological variables were comprised, namely, temperature, pH, total solids, turbidity, electric conductivity, sodium, potassium, calcium, magnesium, bicarbonates, chlorides, total and thermotolerant coliforms. Result showed water complied with irrigation regulations, with restrictions for turbidity, pH and thermotolerant coliforms. Following criteria by UNO for Food and Agriculture, there was no restriction to water use with regard to salinity and toxicity even though all sites showed high restriction rates with regard to infiltration reduction risk. The water of the hydrographic basin may be used for irrigation with technical follow-up. Its use is not recommended for the irrigation of food eaten raw. Current study contributes towards the management and planning of the use of hydric resources and for projects for the expansion of irrigated agriculture in the region.

Keywords: RAS. Salinity. Sodicity. Infiltration risk. Toxicity.

Autor correspondente:

Jéssica Ramos de Oliveira: jessica-r24@hotmail.com

Recebido em: 23/09/2020

Aceito em: 28/05/2021

¹ Mestre, Departamento de Agroindústria, Campo Novo do Parecis (MT), Brasil.

² Doutor, Departamento de Agronomia, Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), Nova Mutum (MT), Brasil.



INTRODUÇÃO

No Brasil são diversificados os usos múltiplos dos recursos hídricos, como abastecimento público, agrícola, uso industrial, navegação, pesca dentre outros, cuja intensidade de uso está associada com o desenvolvimento agrícola, social e industrial, porém a maior demanda é para irrigação, com 67,1% do volume total consumido (ANA, 2017). O Estado de Mato Grosso é destaque no agronegócio brasileiro, com forte representação no PIB e nas exportações do país, com maior expressividade na agricultura, principalmente na produção de grãos (MARINHO *et al.*, 2016).

A agricultura irrigada é dependente de dois fatores essenciais: a quantidade e a qualidade da água disponível. Da mesma forma que a irrigação pode afetar esses fatores, a mesma também pode ser afetada pela ineficiência e contaminação advinda de outros usos da água (ANA, 2017). Desse modo, a qualidade da água empregada para irrigação deve ser utilizada como um critério para determinar seus possíveis usos, com o intuito de manter a segurança da população consumidora, dos empreendimentos agrícolas e do solo.

A mesorregião Sudoeste de Mato Grosso possui águas que não são indicadas para irrigação, pois proporcionam riscos de sodicidade, toxicidade e alteração da capacidade de infiltração de água no solo, como o caso de mananciais superficiais que atendem as comunidades Baixius e Morro Redondo, no município de Barra do Bugres, e as áreas de contribuição dos rios Sepotuba, Juba e do ribeirão Tarumã, localizados no Assentamento Antônio Conselheiro, nos municípios de Barra do Bugres, Nova Olímpia e Tangará da Serra (QUEIROZ *et al.*, 2018; SILVA, 2016).

A bacia hidrográfica do rio Branco está localizada no Estado de Mato Grosso, nos municípios de Nova Olímpia e Barra do Bugres, cidades que promoveram a monocultura da cana-de-açúcar na região, ocupando uma vasta área na bacia hidrográfica, devido à existência de usinas sucroalcooleiras em ambos os municípios. A bacia também é ocupada por grandes extensões de pastagens. Áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar e outras culturas podem ser melhoradas com o uso de água do rio Branco para irrigação, proporcionando aumentos na produtividade e rendimento, como comprovado nos estudos de Dias e Sentelhas (2019), Cardozo *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2015). Vale salientar que, embora exista sistema de irrigação implantado, o mesmo é utilizado apenas para aplicação de vinhaça, não demandando ainda recalque do manancial superficial do rio Branco para essa finalidade.

Na bacia hidrográfico do rio Branco há áreas destinadas a pastagens (RIBEIRO *et al.*, 2017) que podem ser substituídas por cultivos anuais, por exemplo o milho, em função da implantação nas usinas existentes das novas tecnologias de produção de etanol de milho, uma tendência cada vez maior no Centro-Oeste (SILVA *et al.*, 2020), como também soja e feijão, que são leguminosas que podem ser implantadas para a rotação de cultura do milho (ALMEIDA

et al., 2017), fomentando assim a necessidade da implantação de sistemas de irrigação, podendo se beneficiar do uso da água do rio Branco.

A irrigação possui diversos benefícios, contudo sua utilização pode causar impactos negativos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água (ANA, 2017). Portanto, para a sua correta implementação é indispensável a avaliação da qualidade da água, a fim de evitar efeitos indesejados nas culturas e a contaminação da população (BATISTA *et al.*, 2016), contemplando assim características físicas, químicas e biológicas capazes de definir e adequarem sua utilização.

Para a determinação da qualidade das águas no Brasil o Portal Nacional da Qualidade da Água utiliza de índices, a fim de orientar em ações de gestão e planejamento das águas, como também mensurar impactos ambientais e estabelecer usos para o abastecimento público (PNQA, 2021). Contudo, para a caracterização de águas para irrigação são empregadas as diretrizes estabelecidas pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), como as recomendadas por Ayers e Westcot (1985), portanto as diretrizes de uso para a irrigação são muito diferentes dos usados nos índices disponíveis no Brasil.

Dessa forma, reconhece-se que atualmente é imprescindível a análise da qualidade da água destinada à irrigação, principalmente em regiões com intensa evapotranspiração e distribuição pluviométrica irregular durante o ano (ANA, 2017). Além disso, não há na literatura estudos semelhantes na presente bacia hidrográfica do rio Branco Mato Grosso, Brasil, demonstrando sua importância e ineditismo. Desse modo, o presente estudo poderá contribuir para o planejamento e gestão do recurso hídrico na bacia orientando projetos de expansão da área irrigada.

Sendo assim, tem-se como objetivo a caracterização e avaliação espacial da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco por meio de diretrizes de uso na irrigação, considerando aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade e risco de redução da infiltração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Branco, localizada nos municípios de Barra do Bugres e Nova Olímpia, no Estado de Mato Grosso, como pode ser observado na Figura 1. Localizada à margem direita do rio Paraguai, a bacia se expande da Serra de Tapirapuã à depressão do rio Paraguai (CASARIN *et al.*, 2017), estando presente em áreas de expansão do agronegócio, principalmente atividades pecuárias e agrícolas (RIBEIRO *et al.*, 2017).

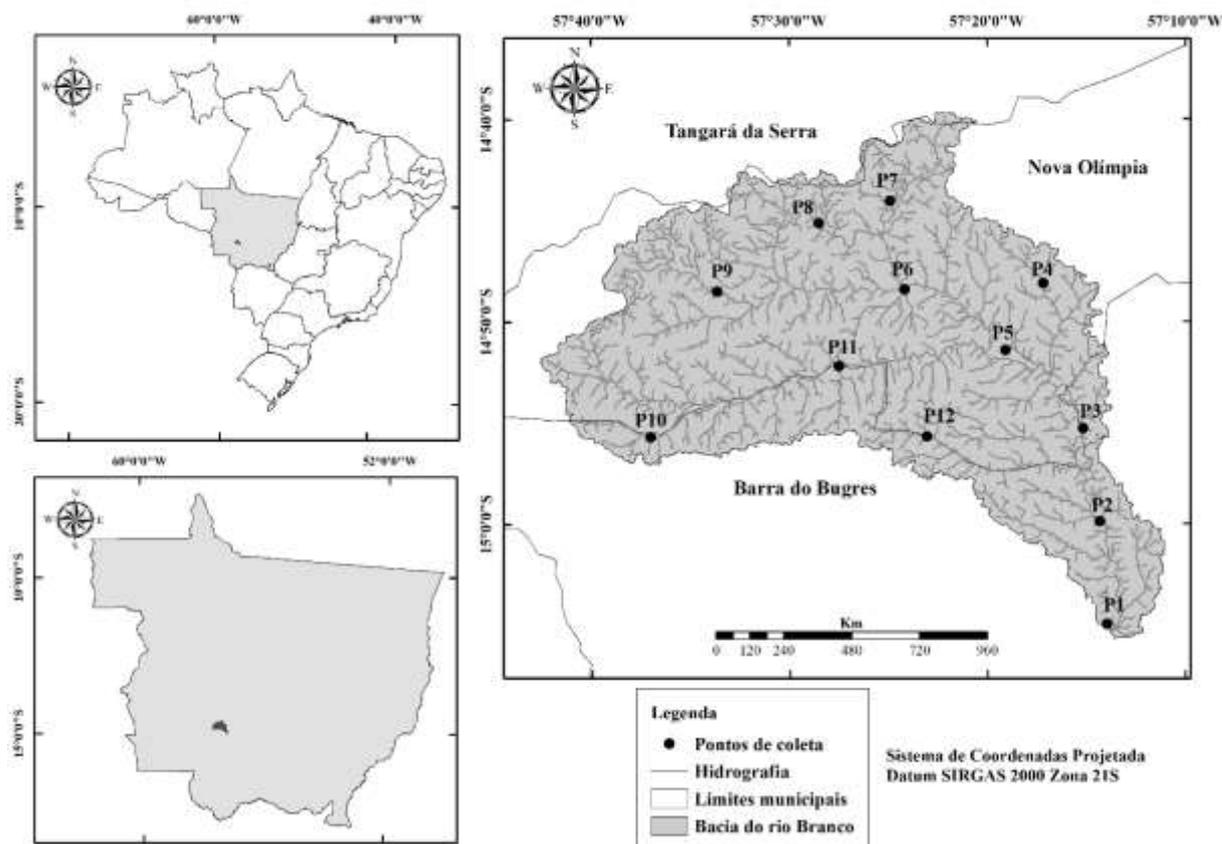


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Branco (MT) e dos pontos de coleta.

De acordo com a revisão da classificação de Köppen elaborada por Alvares *et al.* (2013), o clima da região pode ser classificado como tropical com inverno seco (Aw), com estações bem definidas, conforme observado por Ramos *et al.* (2017), sendo os meses de outubro a abril a estação chuvosa, já os meses de maio a setembro a estação seca. A temperatura média anual do Estado varia entre 22,0 e 27,6 °C, com precipitação média anual normal variando entre 1.200 mm e 2.200 mm.

2.2 COLETA E ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As coletas ocorreram mensalmente durante um ano, de outubro de 2017 a setembro de 2018, em 12 pontos distribuídos pela bacia hidrográfica (Figura 1), incluindo nascentes, foz e decorrer dos cursos d'água principais, a fim de ter uma boa representação da diversidade da água na bacia, totalizando 12 amostragens e 144 amostras. As amostras foram coletadas em águas superficiais, com uso de garrafa de polietileno de 1 litro, antecipadamente ambientada através da tríplice lavagem, imersa a 20 cm em cursos d'água correntes. No ponto P1 a coleta foi realizada de barco, devido à impossibilidade de chegada via terrestre à foz do rio, portanto foi coletada água no meio do rio; os pontos P5, P6, P8, P10 e P11 foram coletados através de balde, lançados a partir da ponte, procurando atingir o fluxo d'água corrente do rio, e os pontos P2, P3, P4, P7, P9 e P12, por se tratar de um curso d'água menor e em local de acesso terrestre, a coleta foi realizada diretamente no rio buscando se afastar das margens. Posteriormente as

amostras foram armazenadas em caixas térmicas com gelo até análise em laboratório, conforme os protocolos de coleta e armazenagem recomendados pela CETESB e ANA (2011). Em campo foi mensurada a temperatura (T), medida com termômetro de mercúrio no momento da coleta.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA) da Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Barra do Bugres, para a realização das análises como proposto por Almeida (2010). As variáveis, suas siglas e o método utilizado estão apresentados no Quadro 1. Todos os equipamentos utilizados foram devidamente calibrados antes da realização da análise, conforme orientação do fabricante. As metodologias de análises físicas e químicas seguiram as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). As análises microbiológicas seguiram as recomendações da Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2003).

Quadro 1. Variáveis físicas, químicas e microbiológicas, siglas e suas respectivas metodologias conforme APHA (2017)

Variável	Sigla	Metodologia
Temperatura	T	2550 B
Condutividade elétrica	CE	2510 B
Potencial hidrogeniônico	pH	4500 H ⁺ B
Turbidez	Tu	2130 B
Sólidos totais	ST	2540 B
Cloretos	Cl	4500 Cl ⁻ B
Cálcio	Ca	3500-Ca B
Magnésio	Mg	3500-Mg B
Bicarbonatos	BiC	2320 B
Sódio	Na	3500-Na B
Potássio	K	3500-K B
Coliformes totais	Colif. T.	9221 B
Coliformes fecais	Colif. F.	9221 E

2.3 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Foi determinada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) por meio da Equação 1, pela qual obtém-se um índice que indica a proporção relativa em que se encontra o sódio em relação com o cálcio e magnésio, que competem por lugares de intercâmbio no solo, podendo ocasionar perda de sua estrutura e permeabilidade (ALMEIDA, 2010).

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

Em que: RAS = relação de adsorção de sódio ($(\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1})^{1/2}$); Na = concentração de sódio ($\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$); Ca = concentração de cálcio ($\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$); Mg = concentração de magnésio ($\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$).

Dentre os diversos modelos de classificação de água para irrigação utilizou-se a classificação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), segundo Ayers e Westcot (1985). Os resultados obtidos foram analisados observando a variabilidade espacial e temporal.

A classificação da FAO baseia-se na salinidade conforme valores de condutividade elétrica, a qual considera a quantidade total de sais dissolvidos na água (Quadro 2), o risco de redução da infiltração conforme valores de condutividade elétrica e a Razão de Adsorção de sódio (RAS) e toxicidade conforme valores de sódio, boro e cloro, classificando o uso da água em nenhuma restrição, ligeira a moderada restrição, e restrição severa conforme o tipo de irrigação. Para o presente estudo utilizou-se apenas as concentrações de sódio e cloro para determinação do risco de toxicidade.

Quadro 2. Classificação da FAO de águas para irrigação conforme critérios de salinidade, redução da infiltração e toxicidade, segundo Ayers e Westcot (1985)

Problema potencial	Unidade	Grau de restrição de uso		
		Nenhum	Ligeiro a moderado	Severo
Salinidade				
CE	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	< 0,7	0,7 - 0,3	> 3,0
Infiltração				
RAS = 0-3 e CE =	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS = 3-6 e CE =	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS = 6-12 e CE =	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS = 12-20 e CE =	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
RAS = 20-40 e CE =	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
Toxicidade				
Sódio				
Irrigação por superfície	$\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por aspersão	$\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$	< 3	> 3	
Cloro				
Irrigação por superfície	$\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$	< 4	4,0 - 10,0	> 10
Irrigação por aspersão	$\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$	< 3	> 3	

Fonte: Ayers e Westcot (1985).

Foi gerado o diagrama de Piper através do *software* QualiGraf, para verificação da classificação e comparação quanto aos íons dominantes na água da bacia hidrográfica do rio Branco. Para tanto, foram utilizadas as concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonatos e carbonatos, contudo a concentração de carbonatos na água é nula.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de cada variável foram tabulados em planilha eletrônica, separados por ponto (P1 a P12) e períodos (Chuva e Seca). Buscou-se um delineamento estatístico capaz de identificar as variáveis com tendência central ou distribuição livre e, ainda, capaz de identificar semelhança entre as médias (variável com distribuição normal) e medianas (variável com distribuição livre) entre os períodos. Para isso, escolheu-se utilizar o *software* Action (StatCamp, 2014).

Na análise estatística unificaram-se os dados de cada variável em um único grupo o qual foi submetido ao teste de Normalidade de Shapiro-Wilk (1965) com 95% de confiança ($p < 0,05$). Na sequência, para as variáveis que apresentaram comportamento paramétrico, separaram-se os dados em dois grupos (Chuva e Seca) e aplicou-se o teste de Homocedasticidade de Levene (1960) com 95% de confiança ($p < 0,00\%$) para verificação da homogeneidade de variância.

Variáveis que apresentaram distribuição normal (Normalidade e Homocedasticidade) foram submetidas ao Teste T para amostras independentes com 95% de confiança ($p < 0,05$) e aquelas com distribuição livre foram submetidas ao Teste U de Mann e Whitney (1947) com 95% de confiança ($p < 0,05$).

Na sequência aplicou-se ANOVA (Efeito Fixo) para as variáveis Paramétricas e Kruskal-Wallis para as Não Paramétricas. Quando a ANOVA revelou diferença significativa ($p < 0,05$) entre pontos aplicou-se o teste de Scott-Knott com 95% de confiança ($p < 0,05$) a fim de identificar as diferenças. Analogamente à ANOVA utilizou-se do teste de Kruskal-Wallis para verificação de diferença entre pontos. Neste caso, como não é possível aplicar um teste de separação de médias, apresentou-se a Mediana \pm Amplitude Interquartil de cada ponto, utilizando o ranqueamento para revelar as diferenças.

Após aplicação dos testes supracitados os resultados foram resumidos pela Média \pm Desvio Padrão Amostral para as variáveis Paramétricas e Mediana \pm Amplitude Interquartil para as variáveis Não Paramétricas. Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma de etapas das análises estatísticas.

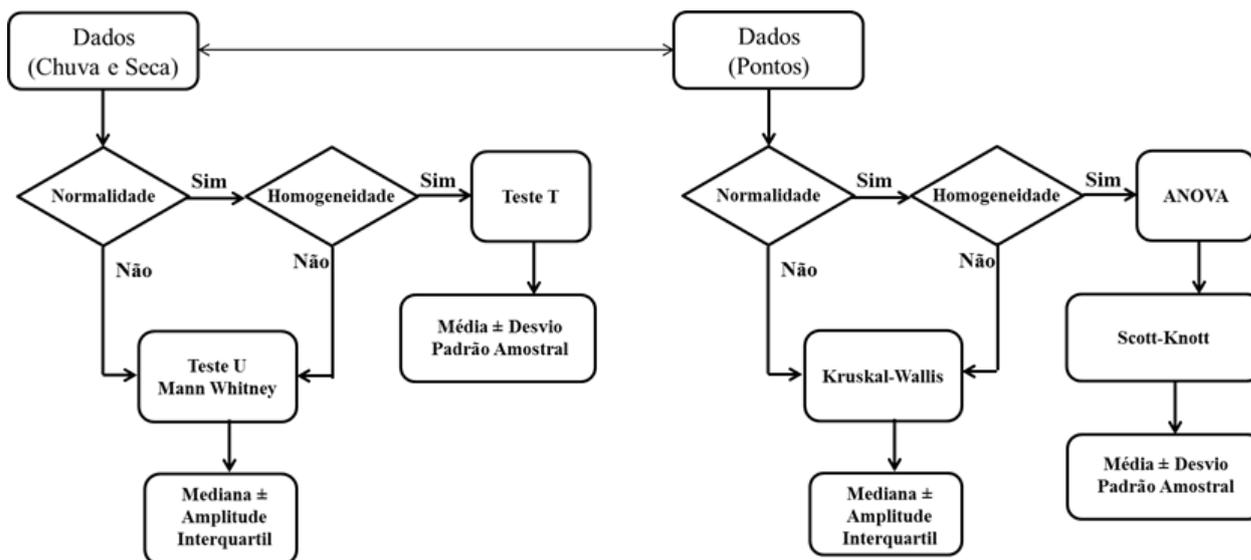


Figura 2. Fluxograma do tratamento estatístico adotado na análise das variáveis físicas e químicas de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados do teste de Normalidade e Homocedasticidade, bem como os testes T e U entre períodos de Chuva e Seca para as variáveis físicas e químicas de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco considerando conjuntamente os 12 pontos avaliados. Nota-se que apenas a variável pH se apresentou normalmente distribuída (tendência central) com homogeneidade das variâncias dos dois períodos. Ainda, pela mesma Tabela, se nota que o teste T revelou não haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os períodos. As demais variáveis apresentaram distribuição livre, sendo que turbidez, bicarbonato, cloreto e condutividade elétrica não apresentaram diferença estatística significativa entre os períodos pelo Teste U com $p < 0,05$. Já as variáveis temperatura, cálcio, magnésio, sódio, potássio, razão de adsorção de sódio e sólidos totais apresentaram diferença significativa entre os períodos.

Tabela 1. Resultado dos testes de Normalidade e Homocedasticidade, Teste T ou U entre Períodos para cada variável física e química de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR

Variável	Estatística do Teste; p-Valor (95% de Confiança)			
	Shapiro-Wilk	Levene	Teste T	Teste U
Tu	S=0,397; p=0,000			U=2162; p=0,1468 ^{NS}
BiC	S=0,742; p=0,000			U=2089; p=0,081 ^{NS}
T	S=0,907; p=0,000			U=267,5; p=0,000*
Cl	S=0,685; p=0,000			U=2505; p=0,953 ^{NS}
CE	S=0,754; p=0,000			U=2133; p=0,081 ^{NS}
pH	S=0,992; p=0,639	L=0,001; p=0,971	T=-1,248; p=0,214 ^{NS}	
Ca	S=0,388; p=0,000			U=3983; p=0,000*
Mg	S=0,479; p=0,000			U=4303; p=0,000*
Na	S=0,544; p=0,000			U=4381; p=0,000*
K	S=0,730; p=0,000			U=3907; p=0,000*
RAS	S=0,630; p=0,000			U=4050; p=0,000*
ST	S=0,548; p=0,000			U=1617; p=0,000*

^{NS} Não Significativo pelo Teste T ou U com 95 de confiança. * Significativo pelo teste T ou U com 95% de confiança.

Na Tabela 2 apresentam-se as Médias \pm Desvio Padrão Amostral e Mediana \pm Amplitude Interquartil, para variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente, para os dois períodos das variáveis físicas e químicas de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Branco (MT).

Tabela 2. Médias \pm Desvio Padrão Amostral do teste T e Mediana \pm Amplitude Interquartil do teste U entre períodos para as variáveis físicas e químicas de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR

Variável	Períodos	
	Seca	Chuva
Tu ^{NP}	45,42 \pm 56,03 A	74,25 \pm 40,38 A
BiC ^{NP}	0,11 \pm 0,08 A	0,18 \pm 0,15 A
Cl ^{NP}	0,07 \pm 0,03 A	0,08 \pm 0,03 A
CE ^{NP}	0,023 \pm 0,018 A	0,031 \pm 0,015 A
pH ^P	7,24 \pm 0,57 A	7,11 \pm 0,62 A
T ^{NP}	22,00 \pm 3,25 A	26,50 \pm 1,00 B
Ca ^{NP}	0,24 \pm 0,39 A	0,09 \pm 0,05 B
Mg ^{NP}	0,50 \pm 0,67 A	0,13 \pm 0,09 B
Na ^{NP}	0,033 \pm 0,049 A	0,005 \pm 0,003 B
K ^{NP}	0,014 \pm 0,023 A	0,003 \pm 0,005 B
RAS ^{NP}	0,049 \pm 0,055 A	0,016 \pm 0,012 B
ST ^{NP}	58,00 \pm 51,25 A	87,00 \pm 60,25 B

^{NP} Variável Não Paramétrica. ^P Variável Paramétrica. Médias ou Medianas seguidas da mesma letra na horizontal para cada variável não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelos Testes T e U.

Nota-se pelos resultados da Tabela 2 que as variáveis turbidez, bicarbonato, cloretos e condutividade elétrica, embora não tenham demonstrado diferenciação estatística ($p < 0,05$) entre os períodos, revelaram medianas numericamente superiores no período chuvoso. De

acordo com Borges *et al.* (2015), as características do uso e cobertura da terra, como a remoção de vegetação e os processos erosivos, causados pelo crescimento desordenado da agricultura e pecuária, associados à ação da chuva podem favorecer o transporte de sedimentos, como solos (íons e poluentes), por meio do escoamento superficial, e, conseqüentemente, o assoreamento de rios, provocando o aumento nas concentrações de sais, minerais e sólidos. Portanto, é provável que na bacia do rio Branco a relação seja a mesma, ocasionando a elevação nessas concentrações no período chuvoso.

A turbidez da água é a medida pelo grau de atenuação que um feixe de luz sofre para atravessá-la, por conta da presença de sólidos em suspensão, como algas, partículas inorgânicas (argila, areia e silte), plâncton, bactérias, entre outros (CETESB, 2008). Sendo assim, pode-se associar maiores valores de turbidez nas águas com quantidades superiores de matéria orgânica, podendo então ser utilizada como um indicador da presença de patógenos na água (PIRATOBA *et al.*, 2017). Tendo em vista medidas de turbidez numericamente superiores no período chuvoso, recomenda-se que nesse período as águas do rio Branco não sejam utilizadas para irrigação de olerícolas, no entanto, podem ser empregadas em cultivos frutíferos, cereais e de pastagens.

O pH, única variável paramétrica nesse estudo, que também revelou igualdade de médias entre períodos, mostrou comportamento inverso, embora singular, com maior média no período seco, o que se justifica pela redução do pH no período chuvoso, uma vez que as chuvas em regiões tropicais são geralmente ácidas, provocando a redução do pH das águas superficiais dos rios (ESTEVES, 1998).

Ainda pela Tabela 2, nota-se que das variáveis que apresentaram diferença estatística entre os períodos, temperatura e sólidos totais possuem maior mediana no período chuvoso, comportamento esperado para temperatura, uma vez que o período chuvoso ocorre no verão, época mais quente na região do estudo, e igualmente para os sólidos totais, o período chuvoso é quando ocorre escoamento superficial com carreamento de partículas sólidas para os córregos e rios (CETESB, 2008), o que explica os maiores valores encontrados. Já as variáveis químicas cálcio, magnésio, sódio e potássio (íons) apresentaram menores medianas no período chuvoso, como reflexo da diluição desses íons em função do aporte de água de chuva aos mananciais, visto que a água da chuva é pobre (por vezes isenta) desses elementos (SANTOS; GASTMANS, 2016).

O sódio é uma variável importante para avaliar a qualidade da água de irrigação, pois tem grande influência no processo de salinização do solo. De acordo com a Tabela 2, as concentrações de sódio foram superiores no período seco, justamente na época em que ocorre maior déficit hídrico na região e, portanto, a irrigação se faz mais importante. O estudo de Lobato *et al.* (2008) encontrou diferença estatística significativa entre o período seco e chuvoso nas concentrações de sódio do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, em Acaraú (CE), no qual os valores se diferiram por conta da diminuição do nível de água. Caso semelhante pode ter

ocorrido no presente estudo, em que o baixo nível de água na seca pode ter contribuído para a elevação da concentração e sua consequente diferenciação.

A ANOVA para variação entre pontos da variável pH revelou efeito significativo ($F = 4,44$; $p < 0,05$) e o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) revelou dois grupos a saber: Grupo 1 com os pontos P4, P5, P6, P7, P8 e P9 e Grupo 2 com os pontos P1, P2, P3, P10, P11 e P12, sendo que o Grupo 1 é composto pelos pontos com maior pH e o Grupo 2 pelos pontos em que se aferiu menor pH no período de medições. Observando a Figura 1 de localização dos pontos, observa-se que P1 a P3 estão na região Sul da bacia hidrográfica e próximos à foz, já P10 a P12 estão na região Sudoeste sendo o P10 e P12 próximos das nascentes. Já os pontos P4 a P9 localizam-se na porção Norte-Nordeste da bacia hidrográfica, na confrontação com as regiões onde predomina o cultivo de cana-de-açúcar, tanto no município de Barra do Bugres, quanto de Nova Olímpia (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da ANOVA (Teste F) e Kruskal-Wallis (Teste X^2) para médias e medianas, respectivamente, das variáveis físicas e químicas da água da bacia hidrográfica do rio Branco. Na Tabela variáveis com $p < 0,05$ apresentaram diferença estatística significativa entre pontos e variáveis com $p \geq 0,05$ são estatisticamente iguais com 95% de confiança.

Tabela 3. Resultado do Teste F e Teste X^2 e respectivos p-valor para as variáveis físicas e químicas de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR

Variável	ANOVA	Kruskal-Wallis
Tu		$X^2 = 75,30$; $P = 0,0000^*$
BiC		$X^2 = 86,45$; $P = 0,0000^*$
Cl		$X^2 = 52,12$; $P = 0,0000^*$
CE		$X^2 = 100,02$; $P = 0,0000^*$
pH	$F = 4,44$; $P = 0,0000^*$	
T		$X^2 = 17,96$; $P = 0,0826^{NS}$
Ca		$X^2 = 26,20$; $P = 0,0061^*$
Mg		$X^2 = 20,19$; $P = 0,0428^*$
Na		$X^2 = 13,18$; $P = 0,2818^{NS}$
K		$X^2 = 23,05$; $P = 0,0174^{NS}$
RAS		$X^2 = 12,45$; $P = 0,3311^{NS}$
ST		$X^2 = 31,36$; $P = 0,0010^*$

* Significativo com 95% de confiança pelos Teste F ou X^2 . ^{NS} Não significativo.

Na Tabela 4 apresenta-se o resultado do teste de Médias de Scott-Knott \pm Desvio Padrão Amostral para a variável pH e as Medianas \pm Amplitude Interquartil para as demais variáveis em cada ponto avaliado, seguidas do ranqueamento de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Resultado do Teste de Médias de Scott-Knott \pm Desvio Padrão Amostral para a variável pH e as Medianas \pm Amplitude Interquartil seguidas do ranqueamento de Kruskal-Wallis para ST, T, CE, RAS e Tu da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR

Pontos	pH	ST	T ^{NS}	CE	RAS ^{NS}	Tu
		mg·L ⁻¹	°C	dS·m ⁻¹	(mmol·L ⁻¹) ^{1/2}	UNT
P1	6,88±0,61 B*	75,50±38,00 abc	25,75±3,88	0,025±0,003 cd	0,022±0,055	132,83±70,73 a
P2	7,01±0,72 B	88,75±36,50 abc	26,52±4,04	0,025±0,010 cd	0,018±0,037	37,30±55,62 abc
P3	6,97±0,53 B	94,50±10,40 ab	26,54±4,03	0,025±0,010 cd	0,028±0,064	34,50±32,50 bc
P4	7,36±0,52 A	80,00±69,80 abc	26,00±3,25	0,036±0,002 a	0,061±0,167	52,75±158,65 ab
P5	7,32±0,46 A	82,50±59,80 abc	26,00±3,38	0,021±0,006 de	0,017±0,048	74,71±19,00 ab
P6	7,32±0,39 A	73,50±91,30 abc	25,25±3,88	0,029±0,007 bc	0,022±0,040	84,76±48,12 ab
P7	7,61±0,44 A	59,50±40,0 abc	24,90±4,25	0,042±0,040 a	0,017±0,038	9,50±9,21 d
P8	7,44±0,47 A	70,50±77,00 abc	24,90±4,25	0,036±0,012 ab	0,019±0,029	94,70±122,14 ab
P9	7,54±0,67 A	111,50±55,50 a	25,50±4,25	0,079±0,023 a	0,030±0,031	111,47±528,53 ab
P10	7,13±0,57 B	75,00±42,50 abc	26,00±3,91	0,077±0,002 f	0,016±0,027	26,18±16,43 cd
P11	6,87±0,43 B	53,50±46,80 bc	25,00±4,25	0,016±0,003 ef	0,021±0,044	90,49±67,51 ab
P12	6,50±0,54 B	35,50±20,80 c	28,00±4,25	0,014±0,002 f	0,021±0,017	5,12±4,55 d

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott com 95% de confiança e Medianas seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo ranqueamento de Kruskal-Wallis. ^{NS} Não significativo (p < 0,05).

Conforme Ayers e Westcot (1985), o pH da água para irrigação deve estar entre 6,5 a 8,4. De acordo com essa indicação, todos os pontos apresentaram-se dentro dos limites recomendados para águas de irrigação. O ponto P12 apresentou média de pH com menor valor aceitável, mas isso não o impede de ser utilizado para irrigação, pois o estudo de Borges *et al.* (2015), em Goianópolis (GO), apresentou alguns pontos de coleta com pH da água de irrigação de tomates abaixo do limite indicado, enquanto o estudo de Rodrigues *et al.* (2020) encontrou pH abaixo do limite na água utilizada para irrigação de produtos orgânicos em Paço do Lumiar (MA), demonstrando sua possibilidade de uso para este fim. Valores de pH entre 6,0 a 9,0 indicam a neutralidade de águas, proporcionando melhores condições de sobrevivência de organismos aquáticos, sendo que mudanças nesse limiar são capazes de interferir nos processos físicos, químicos da água e se tornar um risco aos processos biológicos (WRUBLACK *et al.*, 2013). Sendo assim, as águas do rio Branco (MT) apresentam-se próximo da neutralidade.

As concentrações de sólidos totais apresentaram dois pontos em destaque: o ponto P9 com o maior valor observado (111,50 \pm 55,50 mg·L⁻¹), e o ponto P12 com o menor valor observado (35,50 \pm 20,80 mg·L⁻¹), apresentando diferença estatística significativa entre si e entre os outros pontos, enquanto os demais possuem homogeneidade entre si. Os valores de sólidos podem relacionar-se com os riscos de danos de entupimento do sistema de irrigação. Por conta disso, é importante considerar este parâmetro ao avaliar a qualidade de águas para irrigação (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). De acordo com os resultados de sólidos totais, a

água da bacia do rio Branco (MT) possui baixo risco de dano aos sistemas de irrigação, pois apresentou em todos os pontos concentrações inferiores a $2000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, limite considerado de alto dano a sistemas de irrigação, conforme Nakayama e Bucks (1986).

A temperatura para irrigação não possui valor definido como limite máximo ou mínimo, contudo Almeida (2010) ressaltou a importância da variação da temperatura nas variáveis físicas e químicas, as quais podem afetar a qualidade da água de irrigação, provocando a solubilidade de sais na água, como sua atuação no solo e planta. Deve-se atentar também para aumentos na temperatura da água de irrigação, pois podem provocar aumento na demanda por irrigação e aumento na evapotranspiração das plantas (WRUBLACK *et al.*, 2013). A temperatura observada revelou mediana máxima de $28,00 \pm 4,25 \text{ }^\circ\text{C}$ e mínima de $24,90 \pm 4,25 \text{ }^\circ\text{C}$, demonstrando ausência de diferença estatística significativa entre os pontos estudados. Em geral, a água do rio Branco (MT), quanto à temperatura, é apta para ser utilizada na irrigação.

A condutividade elétrica pode indicar as modificações sofridas na composição da água, principalmente em sua composição mineral (CETESB, 2008). A condutividade elétrica em todos os pontos estudados foi muito baixa, indicando ausência de alterações em sua composição mineral. Conforme Ayers e Westcot (1985), águas com condutividade elétrica entre 0 e $0,70 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ não causam nenhum problema de salinidade. Sendo assim, pode-se compreender que, quanto à condutividade elétrica, a água da bacia do rio Branco (MT) pode ser utilizada para irrigação sem causar problemas de salinidade. Os maiores valores de CE foram observados nos pontos P9 ($0,079 \pm 0,023 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$), P7 ($0,042 \pm 0,040 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) e P4 ($0,036 \pm 0,002 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$), indicando diferença significativa entre os demais pontos.

Em todos os pontos estudados a RAS apresentou valores muito baixos, apontando que o uso da água da bacia do rio Branco para irrigação pode ser utilizado sem causar degradação do solo, redução da sua permeabilidade e estrutura, por conta da troca de íons de cálcio e magnésio pelo predomínio de íons de sódio. Thebaldi *et al.* (2013) encontraram valores de RAS superiores em apenas um ponto, no lançamento de efluente agroindustrial no Córrego Jurubatuba (GO), enquanto os demais apresentaram RAS abaixo de uma unidade, sugerindo que o efluente lançado foi diluído, reduzindo a concentração de sódio à jusante do lançamento no córrego. Portanto, os baixos valores encontrados no presente estudo podem ser um indicativo de poucas interferências de efluentes na bacia.

A turbidez na água da bacia do rio Branco (MT) apresentou diferenças estatísticas significativas entre os pontos (Tabela 3), em que maior valor foi observado no ponto P9 com $132,83 \pm 70,73 \text{ UNT}$, enquanto o menor valor foi observado no ponto P12 com $5,12 \pm 4,55 \text{ UNT}$ (Tabela 4). O ponto P12 localiza-se próximo a uma nascente, portanto infere-se que há menos intervenção antrópica e maior área de vegetação, que pode ter contribuído para obtenção de menores valores de turbidez.

Quanto aos critérios de qualidade da água para uso na irrigação, o mais utilizado é o estabelecido pela FAO, por Ayers e Westcot (1985), sendo também o critério adotado no Brasil

através da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ALMEIDA, 2010). Contudo esse critério não contempla a variável de turbidez, embora esta seja uma medida indireta dos sólidos, a mesma não fornece relação com os tamanhos das partículas, mas pode ser utilizada como indicativo do nível de contaminação por patógenos, decorrente de sua medida de matéria orgânica contida na água (PIRATOBA *et al.*, 2017). É considerando esse indicativo de contaminação microbiológica que a CONAMA, na Resolução 357/2005, estabelece que águas com até 100 UNT são indicadas para uso na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, dessa forma os pontos P1 e P9 não são indicados para esse tipo de irrigação, devendo ser empregado para outros cultivos, tais como culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Tabela 5. Resultado das Medianas \pm Amplitude Interquartil seguidas do ranqueamento de Kruskal-Wallis para as variáveis Bi, Cl, Ca, Mg, Na e K da água da Bacia Hidrográfica do rio Branco/MT-BR

Pontos	BiC	Cl	Ca	Mg	Na ^{NS}	K ^{NS}
mmolc·L-1						
P1	0,12 \pm 0,06 cd	0,093 \pm 0,048 abc	0,093 \pm 0,082 b	0,141 \pm 0,191 ab	0,070 \pm 0,025	0,010 \pm 0,022
P2	0,12 \pm 0,10 cd	0,087 \pm 0,009 abc	0,095 \pm 0,102 ab	0,126 \pm 0,129 ab	0,060 \pm 0,020	0,006 \pm 0,011
P3	0,11 \pm 0,09 cd	0,090 \pm 0,012 ab	0,095 \pm 0,120 ab	0,133 \pm 0,094 ab	0,090 \pm 0,019	0,007 \pm 0,014
P4	0,17 \pm 0,06 bc	0,106 \pm 0,017 a	0,093 \pm 0,101 ab	0,134 \pm 0,152 ab	0,170 \pm 0,086	0,004 \pm 0,015
P5	0,13 \pm 0,04 cd	0,057 \pm 0,023 d	0,047 \pm 0,107 b	0,141 \pm 0,228 ab	0,030 \pm 0,023	0,004 \pm 0,014
P6	0,17 \pm 0,10 abc	0,057 \pm 0,025 cd	0,117 \pm 0,212 ab	0,165 \pm 0,312 ab	0,050 \pm 0,024	0,005 \pm 0,010
P7	0,30 \pm 0,36 a	0,057 \pm 0,034 cd	0,212 \pm 1,000 ab	0,319 \pm 0,665 ab	0,090 \pm 0,030	0,001 \pm 0,007
P8	0,25 \pm 0,09 ab	0,074 \pm 0,023cd	0,140 \pm 0,302 ab	0,235 \pm 0,375 ab	0,060 \pm 0,021	0,004 \pm 0,008
P9	0,52 \pm 0,15 a	0,057 \pm 0,022 cd	0,443 \pm 1,147 a	0,513 \pm 1,145 a	0,019 \pm 0,039	0,008 \pm 0,022
P10	0,06 \pm 0,03 e	0,074 \pm 0,022 cd	0,095 \pm 0,186 ab	0,096 \pm 0,079 b	0,006 \pm 0,010	0,003 \pm 0,005
P11	0,09 \pm 0,04 de	0,074 \pm 0,019 cd	0,070 \pm 0,127 b	0,086 \pm 0,222 ab	0,005 \pm 0,016	0,004 \pm 0,008
P12	0,08 \pm 0,03 de	0,072 \pm 0,036 bcd	0,094 \pm 0,101 b	0,117 \pm 0,360 ab	0,006 \pm 0,008	0,003 \pm 0,005

Medianas seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo ranqueamento de Kruskal-Wallis. ^{NS} Não significativo ($p < 0,05$).

A variável bicarbonatos apresentou diferença estatística significativa, em que a maior concentração foi verificada nos pontos P9 ($0,52 \pm 0,15$ mmolc·L⁻¹) e P7 ($0,30 \pm 0,36$ mmolc·L⁻¹), já a menor concentração foi encontrada no ponto P10 ($0,06 \pm 0,03$ mmolc·L⁻¹), os demais pontos apresentaram semelhanças entre si. Todos os pontos estudados apresentaram valores de bicarbonatos abaixo de $1,5$ mmolc·L⁻¹, indicando água sem nenhuma restrição de uso para a irrigação, segundo Ayers e Westcot (1985).

Em relação aos resultados de cloretos, a maior concentração foi de $0,106 \pm 0,017$ mmolc·L⁻¹ no ponto P4, enquanto a menor concentração foi de $0,057 \pm 0,023$ mmolc·L⁻¹ no ponto P5, em que estes pontos apresentaram diferença estatística significativa entre os pontos estudados. O íon de cloro em excesso na água de irrigação gera a clorose foliar nas partes mais iluminadas, podendo gerar necrose na borda das folhas (ALMEIDA, 2010). Todos os valores

observados nos períodos demonstraram-se abaixo do limite de restrição indicado por Ayers e Westcot (1985), sendo assim, a água da bacia do rio Branco não possui restrições em relação à toxicidade para o uso na agricultura.

A elevada concentração de alguns sais na água pode atingir o limite de solubilidade e precipitar, em casos de irrigação pode ocasionar a retirada de alguns componentes do solo, modificando suas proporções iniciais, tal como acontece em alguns sais de cálcio, que, em altas concentrações, ocasionam aumento na proporção de sódio na água e no solo (ALMEIDA, 2010). As concentrações de cálcio na água demonstraram baixa variação entre os pontos, em que apenas os pontos P9 e P10 apresentaram diferenças estatísticas significativas, cuja maior concentração foi encontrada no ponto P9, com $0,513 \pm 1,145 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$, enquanto a menor concentração esteve no ponto P10, com $0,096 \pm 0,079 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$. Todos os valores encontrados estão dentro dos limites indicados por Ayers e Westcot (1985) (0 a $20 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$), portanto, de acordo com a concentração de cálcio, a água pode ser utilizada para irrigação sem a geração de prejuízos ao solo.

A combinação das concentrações de cálcio e magnésio na água expressam a sua dureza, a qual pode favorecer a formação de depósitos, gerando incrustações nas tubulações dos sistemas de irrigação (BATISTA *et al.*, 2016). De acordo com Ayers e Westcot (1985) concentrações de magnésio de 0 a $5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ são consideradas normais para água de irrigação, portanto, pelos resultados dessa variável, as águas da bacia do rio Branco podem ser utilizadas sem ocasionar danos aos sistemas de irrigação. Verificou-se que as variáveis de cálcio e magnésio apresentaram baixas concentrações durante o ano. O estudo de Franco e Hernandez (2009) nas águas do córrego Coqueiro (SP) também encontrou baixas concentrações de cálcio e magnésio, e, de acordo com os autores, os níveis de concentração dessas variáveis na água estão associados ao tipo de solo, o argissolo vermelho. A bacia do rio Branco também possui solos do tipo argissolo vermelho, em menor área, podendo explicar as baixas concentrações observadas.

No teste estatístico utilizado, as concentrações médias de magnésio apresentaram o mesmo padrão verificado na variável cálcio, em que o ponto P9 mostrou-se significativamente diferentes dos demais pontos, apresentando as maiores concentrações de cálcio ($0,443 \pm 1,147 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$) e magnésio ($0,513 \pm 1,145 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$). A diferença nas concentrações de cálcio e magnésio no ponto P9 pode estar relacionada à localização próxima à Serra Tapirapuã, que possui formação rochosa basáltica, que contém cálcio e magnésio em sua composição, o que pode ter contribuído para o aumento da concentração.

O sódio em elevadas concentrações nas águas pode contribuir para a salinidade do solo, causando impactos negativos ao meio ambiente e às futuras gerações (NEVES *et al.*, 2017). Observou-se que os pontos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si (Tabela 3), em que todos os valores encontrados estão dentro dos limites indicados para águas destinadas à irrigação ($3 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$).

O potássio na água de irrigação pode contribuir ligeiramente para a salinidade (QUEIROZ *et al.*, 2018), contudo esse elemento, normalmente, está presente em proporções relativamente baixas em águas naturais (CETESB, 2008). O íon potássio apresentou concentrações baixas, em concordância com o exposto na literatura, dentro dos limites indicados para água de irrigação, conforme Ayers e Westcot (1985). O teste estatístico não indicou diferenças significativas entre os pontos estudados.

A metodologia empregada nas análises microbiológicas fornece os valores em Número Mais Provável (NMP), fazendo com que em alguns pontos não fosse possível fazer a quantificação exata dos coliformes totais e termotolerantes. Por esse motivo, não foi apresentada estatística descritiva dos mesmos. Os resultados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados das análises de coliformes totais e termotolerantes nos pontos analisados na bacia do rio Branco/MT-BR, em NMP/100mL.

Pontos	Estação	Colif. Totais (NMP/100mL)		Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
P1	Seca	>1100	35,00	>1100	15,00
	Chuva	>1100	20,00	>1100	<3,0
P2	Seca	>1100	38,00	>1100	7,40
	Chuva	>1100	460,00	1100	240,00
P3	Seca	>1100	36,00	>1100	3,60
	Chuva	>1100	<3,0	1100	<3,0
P4	Seca	>1100	11,00	>1100	7,20
	Chuva	>1100	290,00	>1100	21,00
P5	Seca	>1100	36,00	>1100	7,40
	Chuva	>1100	36,00	>1100	7,40
P6	Seca	>1100	160,00	>1100	3,60
	Chuva	>1100	15,00	>1100	16,00
P7	Seca	>1100	36,00	>1100	23,00
	Chuva	>1100	16,00	>1100	16,00
P8	Seca	>1100	460,00	1100	27,00
	Chuva	>1100	15,00	>1100	7,40
P9	Seca	1100	36,00	290,00	16,00
	Chuva	>1100	29,00	>1100	15,00
P10	Seca	1100	120,00	460,00	20,00
	Chuva	>1100	6,20	>1100	6,20
P11	Seca	>1100	460,00	>1100	20,00
	Chuva	>1100	3,60	210,00	<3,0
P12	Seca	>1100	11,00	36,00	<3,0
	Chuva	>1100	9,40	290,00	7,40

Os resultados de coliformes totais apresentaram concentrações elevadas em todos os pontos, indicando que a bacia do rio Branco possui elevada carga de poluição microbiológica. Apenas os pontos P9 e P10, na seca, apresentaram valor máximo diferente dos demais, enquanto

o P3 apresentou valor mínimo abaixo de 3 NMP/100 mL no período chuvoso. Observou-se que os valores mínimos tiveram uma queda no período chuvoso.

Os resultados de coliformes termotolerantes estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução 357/2005 da CONAMA, para águas de classe 2 (1.000 NMP/100 mL), na maioria dos pontos, em que apenas o ponto P12 esteve em conformidade durante todo o ano. Verificou-se que houve um aumento da concentração de coliformes no período chuvoso, o que pode estar associado à extensa área rural na bacia, e à presença de áreas de pastagens, em que o escoamento superficial da chuva pode carrear os resíduos para os rios, elevando a concentração de coliformes (WRUBLACK *et al.*, 2013).

A contaminação por coliformes na água de irrigação é um fator importante a ser observado, pois pode influenciar a qualidade dos produtos, principalmente aqueles consumidos crus, podendo gerar a veiculação de patógenos. Deve-se atentar para esses resultados a fim de manter a segurança dos alimentos e saúde dos consumidores.

Portanto, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, a água do rio Branco não é indicada para uso na irrigação de hortaliças consumidas cruas e frutas desenvolvidas rente ao solo que sejam ingeridas cruas sem remoção da película. Contudo, as águas do ponto P12 podem ser utilizadas para irrigação de demais hortaliças e plantas frutíferas. Quanto aos cultivos de culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras, plantas fibrosas e de grãos (ALMEIDA, 2010), tais como soja, milho, e feijão, podem ser irrigados com as águas do rio Branco, pois estão em conformidade para este uso quanto à concentração de coliformes.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA FAO, AYERS E WESTCOT (1985)

Para alcançar a sustentabilidade da agricultura irrigada, os agricultores devem administrar a irrigação de maneira adequada. O conhecimento da qualidade das águas relacionado à concentração de salinidade tornou-se uma ferramenta indispensável para o planejamento, desenvolvimento e gestão dos recursos hidrológicos (LIMA *et al.*, 2020). Quanto ao risco de salinidade, verificou-se conforme os valores de condutividade elétrica e sólidos totais que há ausência de restrições de uso da água da bacia do rio Branco para irrigação. O estudo de Franco e Hernandez (2009), na microbacia do Coqueiro (SP), também verificou ausência de restrições de uso da água para irrigação, pois assim como o presente estudo, também obtiveram valores baixos de sólidos e condutividade elétrica.

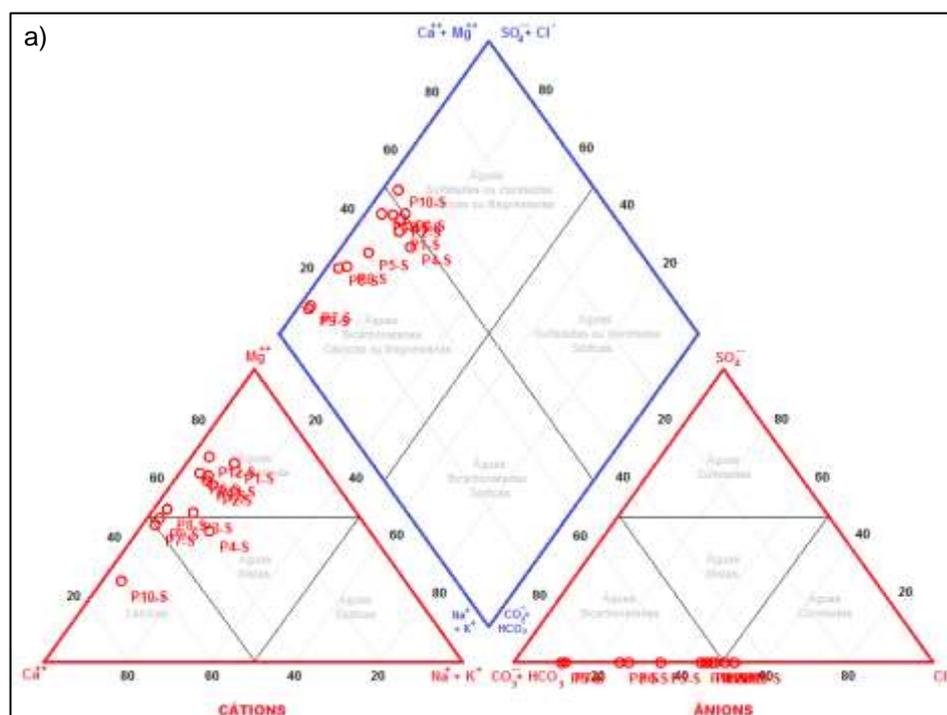
O risco de redução da infiltração indicou restrição severa do uso da água do rio Branco para irrigação em todos os pontos analisados. Esse resultado se deu pelos baixos valores observados na condutividade elétrica. Ayers e Westcot (1985) destacam que o risco de redução da infiltração depende não apenas da qualidade da água, como também da estrutura do solo, do seu grau de compactação e de suas características químicas e orgânicas. Resultado semelhante foi observado no estudo de Thebaldi *et al.* (2013), em que a água do Córrego Jurubatuba (GO)

apresentou restrição severa de redução da infiltração, com exceção do ponto com lançamento de efluentes agroindustriais que apresentou nenhuma restrição de uso. Os resultados do estudo citado também apresentaram restrições devido aos baixos valores de condutividade elétrica, confirmando as observações de campo, em que a bacia hidrográfica do rio Branco não sofre interferência severas de efluentes.

Com relação à toxicidade pelos íons cloreto e sódio, verificou-se que não há nenhuma restrição de uso da água da bacia do rio Branco para irrigação por superfície e aspersão, haja vista as baixas concentrações desses elementos na água. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Lobato *et al.* (2008), em que a água do Distrito Irrigado Baixo Acaraú (CE) não apresentou limitações de uso para irrigação conforme os íons de sódio e cloreto, apresentando também baixas concentrações. Apesar da citação retratar área distinta, demonstra a possibilidade real da instalação de sistemas de irrigação com uso das águas superficiais do rio Branco.

3.2 DIAGRAMA DE PIPER

O diagrama de Piper está apresentado na Figura 2, pela qual é possível observar que houve predominância da classe magnesiana bicarbonatada, representando 54,17% dos pontos, incluindo períodos de seca e chuva, seguido da classe cálcica bicarbonatada com 20,83% dos pontos. A classe mista bicarbonatada concentrou 16,67% dos pontos, enquanto magnesiana cloretada e cálcica cloretada concentrou 4,17% dos pontos em cada.



consumidos crus pode gerar a contaminação. Apenas as variáveis de temperatura, sódio e potássio apresentaram variação sazonal significativa na maioria dos pontos.

Conforme classificação da FAO constatou-se que não há restrição de uso quanto a sua salinidade e toxicidade pelos íons sódio e cloretos, contudo todos os pontos analisados apresentaram grau de restrição severa do uso da água para irrigação quanto ao risco de redução da infiltração. O diagrama de Piper revelou predominância de águas magnesianas bicarbonatadas, com variação sazonal na classificação em alguns pontos.

Através do estudo pode-se concluir que a água da bacia do rio Branco pode ser utilizada para irrigação, com acompanhamento técnico, devendo-se evitar seu uso em alimentos que são consumidos crus, comprovando que a mesma não possui riscos ambientais quanto à salinidade e à toxicidade no solo e nas culturas.

O estudo veio a contribuir para manejo e planejamento dos usos dos recursos hídricos da bacia, como uma maneira de orientar o desenvolvimento de projetos de expansão da agricultura irrigada na região, como também ressaltar como a qualidade da água deve ser considerada para a manutenção das características ambientais e das culturas no que se refere ao seu uso para irrigação, além de colaborar com a literatura, tendo em vista não haver anterioridade de estudos nesta bacia hidrográfica.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT (Edital 041/2016). Agradecemos o apoio da equipe do Laboratório de Qualidade de Água da Universidade do Estado de Mato Grosso.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. B. O.; ROSA, D. G.; FERREIRA, R. Z. L.; SILVA, A. C.; ARAÚJO, M. S. Viabilidade econômica da implantação de soja e feijão com sucessão de milho no sudeste de Goiás. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 1241-1249, 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/930>. Acesso em: 31 mar. 2021.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água na irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23^a ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2017. 1546p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, 1985. Disponível em: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BATISTA, P. H. D.; FEITOSA, A. K.; LEITE, F. E.; SALES, M. M.; SILVA, K. B. Avaliação da qualidade das águas dos rios São Francisco e Jaguaribe para fins de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 1, p. 48-54, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v12i1.697>.

BORGES, S. A.; CUNHA, A. H. N.; COSTA E SILVA, S. M.; VIEIRA, J. A.; NASCIMENTO, A. R. Qualidade da água de irrigação na cultura do tomate de mesa no município de Goianópolis-GO. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 74-82, 2015. DOI: <https://doi.org/10.33837/msj.v1i2.63>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (DISPOA). Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html>. Acesso em: 29 mar. 2021.

CALOI, C. S. G.; MARCHETTO, M.; QUEIROZ, T. M.; CAMPOS, P. A. S.; AMORIM, A. J. A. Qualidade da água do Rio Cuiabá para irrigação, na região metropolitana da capital Mato-Grossense. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 241-250, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0021>.

CARDOZO, N. P.; BORDONAL, R. O.; SCALA JR, N. Sustainable intensification of sugarcane production under irrigation systems, considering climate interactions and agricultural efficiency. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 861-871, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.004>.

CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Caracterização fisiográfica e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT, Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12., 2017, Montevideo. **Anais [...]** Montevideu/Uruguai: AGEC, 2017.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2008. 41p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; ANA - Agência Nacional de Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (Brasil). **Resolução Conama nº 357, 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.

DIAS, H. B.; SENTELHAS, P. C. Dimensioning the impact of irrigation on sugarcane yield in Brazil. **Sugar Tech**, v. 21, p. 29-37, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0619-x>.

ESTATCAMP. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp, 2014.

ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600016>.

LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances. In: INGRAM, O.; SUDHIST, G. G.; WASSILY, H.; WILLIAM, G. M.; HENRY, B. M. **‘Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotteling’**. California, United States: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.**, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020. DOI: [10.21438/rbgas\(2020\)071615](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071615).

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMOS, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Ver. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 167-172, 2008.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a Test of Whether One of Two Random Variables Is Stochastically Larger than the Other. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, p. 50-60, 1947.

MARINHO, H. M. A.; CÂNDIDO, L. M.; CÂNDIDO, S. A.; DALTRO, O.; JAUDI, L. M. R.; CAMARGO, E. J.; YOSHIDA, P. S. Análise econômica da evolução do agronegócio em Mato Grosso no período de 1990 a 2010. **Revista Faipe**, v. 6, n. 1, 2016.

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

NEVES, A. L. R.; ALVES, M. P.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Rev. Ambient. Água**, v. 12, n. 1, p. 124-135, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1722>.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v. 12, n. 3, 2017. DOI: [10.4136/ambi-agua.1910](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910).

PNQA - Portal Nacional de Qualidade das Águas. **Indicadores de qualidade**. 2021. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 28 mar. 2021.

QUEIROZ, T. M.; MELO, M. T.; FERREIRA, F. S. Qualidade da água para irrigação na comunidade quilombola Vão Grande, município de Barra do Bugres/MT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2613-2620, 2018. DOI: 10.7127/RBAI.V12N300733.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A. S.; DALCHIAVON, F. C.; SANTI, A.; VIEIRA, F. F. Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 1, p. 211-233, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.43762>.

RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. S.; PAIVA, M. M. Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 378-389, 2017.

RODRIGUES, J. B.; SILVA, D. D. S.; FREITAS, S. J. N.; CABRAL, A. C. L. C.; PFEIFF, G. K.; AMORIM, I. L. S. Qualidade da água utilizada na irrigação de produtos orgânicos: o caso de um polo agrícola em Paço Lumiar/MA. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 1, p. 16-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.001.0003>.

SANTOS, C. E. O. Geoquímica das águas do reservatório Poção da Ribeira, Agreste Central de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2017.109906>.

SANTOS, V.; GASTMANS, D. Composição química da água de chuva em Rio Claro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 45-60, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20160008>.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, Great Britain, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965.

SILVA, H. J. T.; SANTOS, P. F. A.; NOGUEIRA JÚNIOR, E. C.; VIAN, C. E. F. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista Política Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 142-159, 2020. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1567/pdf>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SILVA, S.; NETO, J. D.; TEODORO, I.; SILVA, S. S.; NASCIMENTO, R.; BARBOSA, G. V. S. Economic depth of drip irrigation on sugarcane. **Irriga**, p. 37-46, 2015. Ed. Especial. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n2p37>.

SILVA, T. V. **Uso da terra e qualidade da água no assentamento Antônio Conselheiro, Mato Grosso**. 2016. 73f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2016.

THEBALDI, M. S.; DANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; AVELINO NETO, S. Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000100012>.

WRUBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; BOAS, M. A. V. Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil. **Eng.**

Agrícola, v. 34, n. 5, p. 1024-1037, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000500014>.