

THAÍS VASCONCELOS SILVA

**USO DA TERRA E QUALIDADE DA ÁGUA NO ASSENTAMENTO ANTÔNIO
CONSELHEIRO, MATO GROSSO**

**TANGARÁ DA SERRA/MT, BRASIL
2016**

THAÍS VASCONCELOS SILVA

**USO DA TERRA E QUALIDADE DA ÁGUA NO ASSENTAMENTO
ANTÔNIO CONSELHEIRO, MATO GROSSO**

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de
Mato Grosso, como parte das
exigências do Programa de
Pós-graduação Stricto Sensu
em Ambiente e Sistemas de
Produção Agrícola para
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz
Coorientadora: Profa. Dra. Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

**TANGARÁ DA SERRA/MT, BRASIL
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

Silva, Thaís Vasconcelos.

S586u Uso da terra e qualidade da água no Assentamento Antonio
Conselheiro, Mato Grosso / Thaís Vasconcelos Silva. – Tangará da
Serra, 2016.
72 f. : 30 cm. il. color.

Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistemas de Produção
Agrícola) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra,
2016.

Orientador: Tadeu Miranda de Queiroz.

Co-orientadora: Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin.

1. Uso do solo. 2. Irrigação. 3. Geotecnologias. 4. Agricultura Familiar
I. Autor. II. Título.

CDU: 631.4:626.81

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Messias Aparecido Gama Silva. CRB-1:2579

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



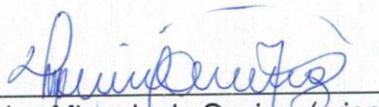
THAÍS VASCONCELOS SILVA

**USO DA TERRA E QUALIDADE DA ÁGUA NO ASSENTAMENTO ANTÔNIO
CONSELHEIRO, MATO GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 26 de fevereiro de 2016.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz (orientador)
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT



Prof. Dr. Tonny José Araújo da Silva (membro externo)
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT



Profa. Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves (membro interno)
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

**TANGARA DA SERRA/MT – BRASIL
2016**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Vitória e Tarcísio, que nunca mediram esforços para a realização dos meus sonhos. Aos meus irmãos por estarem sempre ao meu lado.

À memória da minha avó, Terezinha, mulher de atitude.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz pelas valiosas contribuições e ensinamentos, por toda a dedicação e paciência.

Aos professores do PPGASP pelos ensinamentos e aos colegas de turma pelos momentos valiosos que tivemos juntos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso pelo apoio e incentivo à capacitação de seus docentes. À Fapemat pela concessão de bolsas de iniciação científica e de extensão e a Capes pela concessão de recursos utilizados na execução do projeto.

Aos meus irmãos e cunhadas que me presentearam com quatro sobrinhos, minhas fontes de inspiração. Aos meus familiares e amigos pelo apoio incondicional.

Ao Fabrício pelo amor, apoio, paciência e compreensão nos momentos de dificuldade.

À D. Eleuza que me recebeu com tanto carinho em sua casa.

À comunidade do Assentamento Antônio Conselheiro que permitiu e apoiou a realização deste projeto.

Aos bolsistas, Adryenne, Ítalo, Josilene, Letícia e Matheus, e às minhas irmãs institucionais Fernanda e Pércia, pela presteza na condução do projeto, pela amizade e carinho durante o tempo que passamos juntos.

À Professora Dra. Edinéia Galvanin pela dedicação na coorientação do trabalho e pela disponibilização do Laboratório de Geomática para treinamento e execução de parte do trabalho. Ao Professor Dr. José Wilson pelas valiosas contribuições e à toda equipe do Laboratório de Química Geral. Aos servidores, especialmente a equipe do setor de transporte: João, Sr. Carlos, Sr. Rodney, Djalma, Fábio, Marquinho e Paulo pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Adalberto e os técnicos do Laboratório de Solos do Campus de Tangará da Serra, Vanessa, Edilson, Rosângela, Gabriela e Mariana, pela acolhida.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a execução deste trabalho.

Compadre meu Quelemém nunca fala vazio, não substrata. Só que isto a ele não vou expor. A gente nunca deve de declarar que aceita inteiro o alheio - essa é a regra do rei!

Guimarães Rosa, O Grande Sertão Veredas

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
ARTIGO 1 - Uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro no estado de Mato Grosso.....	13
ARTIGO 2 - Água para irrigação no Assentamento Antônio Conselheiro, Mato Grosso, Brasil.	28
ARTIGO 3 - Agrotóxicos em mananciais superficiais no Assentamento Antônio Conselheiro, estado de Mato Grosso.	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
APÊNDICE I.....	68
ANEXO I.....	72

RESUMO

A qualidade da água está intimamente relacionada a fenômenos naturais, como dissolução dos minerais das rochas e ações antrópicas em decorrência dos usos da terra. Desta forma, objetivou-se avaliar a dinâmica de uso da terra e a qualidade da água na área do Assentamento Antônio Conselheiro, com área territorial de 39.202,02 hectares, situado nos municípios matogrossenses de Barra do Bugres, Nova Olímpia e Tangará da Serra. Para a elaboração dos mapas de uso da terra foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8, softwares de Sistemas de Informação Geográfica e visitas a campo. As alterações na cobertura e uso da terra foram avaliadas por meio do Índice de Transformação Antrópica. Para a avaliação da qualidade da água foram coletadas amostras mensalmente em 29 pontos, sendo 15 em mananciais superficiais e 14 subterrâneos, no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. Para avaliação da qualidade da água foram realizadas análises químicas de bicarbonato, cloretos, cálcio, magnésio, sódio, pH e condutividade elétrica, no Laboratório de Química, Campus de Barra do Bugres, sódio no Laboratório de Solos, Campus de Tangará da Serra, e de agroquímicos em laboratório credenciado. A variável Razão de Adsorção de Sódio foi calculada a partir dos resultados de cálcio, magnésio e sódio. Os resultados obtidos foram comparados à legislação e diretrizes de qualidade da água para diversos fins. As classes de cobertura e usos da terra identificadas foram vegetação natural, agropecuária e corpos d'água. A área de vegetação natural foi reduzida em 35,52% cedendo espaço às atividades de agropecuária que, por sua vez, aumentaram 209,38%. As massas d'água aumentaram 151,07% em área. As águas superficiais e subterrâneas apresentam qualidade para o uso de sistemas de irrigação por aspersão e estão localizadas na maior parte dos pontos avaliados, enquanto a irrigação por superfície deve ser evitada em função do severo risco à alteração da capacidade de infiltração do solo, exceto para as águas subterrâneas do Sepotuba e do Tarumã cujo risco é moderado. O pH das águas subterrâneas da bacia do rio Juba ficaram abaixo do limite inferior estabelecido pelas diretrizes de interpretação propostas por Ayers e Westcot (1984), em ambos os períodos. A ausência de 2,4-D e protioconazol nas águas superficiais indica que as atividades desenvolvidas na região em estudo possivelmente não estejam contribuindo para a contaminação dos mananciais nos trechos avaliados. Pode-se concluir que as águas avaliadas em geral possuem qualidade para diversos usos, com destaque para a irrigação, e que o uso racional da terra pode contribuir para sua manutenção.

Palavras-chave: Uso e ocupação da terra. Geotecnologias. Manejo de água e solo. Contaminação hídrica. Defensivos agrícolas.

ABSTRACT

The water quality is closely related to natural phenomena, such as dissolution of rock minerals, and human actions as a result of land uses. Thus, this study aimed to assess the dynamics of land use and water quality in the area of Assentamento Antônio Conselheiro, with land area of 39,202.02 hectares, located in the municipalities of Barra do Bugres, Nova Olímpia and Tangará da Serra in Mato Grosso. For the preparation of land use maps, images of Landsat 5 and 8 were used, Geographic Information Systems software and field visits. Changes in coverage and land use were evaluated using the Anthropic Transformation Index. For the evaluation of water quality, samples were collected monthly in 29 spots, 15 in surface water source and 14 underground, from October 2014 to September 2015. For the assessment of water quality chemical analysis of bicarbonate, chlorides, calcium, magnesium, sodium, pH and electrical conductivity were carried out in the Chemistry Laboratory, Campus of Barra do Bugres, sodium in Soils Laboratory, Campus of Tangará da Serra, and agrochemicals in an accredited laboratory. The variable Sodium Adsorption Ratio was calculated from the results of calcium, magnesium and sodium. The results were compared to legislation and water quality guidelines for various purposes. The coverage classes and land uses identified were natural vegetation, agriculture and water bodies. The natural vegetation area was reduced by 35.52% giving way to agricultural activities that, in turn, increased by 209.38%. The masses of water increased by 151.07% in area. Surface and groundwaters have quality for use of sprinkler irrigation systems and located in most of the evaluated spots, while surface irrigation should be avoided due to the severe risk to the change of soil infiltration capacity, except for the groundwater of Sepotuba and Tarumã whose risk is moderate. The pH of groundwater from the Juba River basin were below the lower limit set by the interpretation guidelines proposed by Ayers and Westcot (1984), in both periods. The absence of 2,4-D and prothioconazole in surface water indicates that the activities in the region under study probably are not contributing to the contamination of water sources in the evaluated sections. We concluded that the evaluated generally have water quality for various uses, especially for irrigation, and the rational use of land might contribute to their maintenance.

Keywords: Land-use and land-cover. Geotechnologies. Water and soil management. Water contamination. Pesticides.

INTRODUÇÃO GERAL

Por ser um elemento essencial à sobrevivência do homem, dos demais seres vivos e fundamental para a manutenção dos ecossistemas a água merece atenção especial.

Analisando os dados da safra 2002/03, Christofidis (2008) aponta que a captação para abastecimento humano domiciliar corresponde a 9,5%, para a produção industrial 20,3% e para a irrigação 70,2%. Portanto, o maior percentual da água captada é destinado à agricultura.

A agricultura irrigada, por sua vez, representa um avanço para o homem do campo à medida que possibilita a melhoria da qualidade dos produtos e da produtividade. No tocante a questão ambiental, o uso da irrigação permite o aumento da produção e da produtividade sem a necessidade de expansão da área plantada, evitando assim o desmatamento de novas áreas, várias safras anuais, produção na entressafra, planejamento de tratamentos culturais, aumento da eficiência no uso de insumos, além de gerar emprego e renda.

Entretanto, apesar de todos os benefícios, o uso da irrigação é dependente da disponibilidade de água com qualidade para o uso, que por sua vez se refere às características (físicas, químicas e biológicas) que vão influenciar na sua adequação para um uso específico (AYERS; WESTCOT, 1994).

Em estudo realizado na microbacia do córrego do Coqueiro, localizada na região noroeste do estado de São Paulo, Franco e Hernandez (2009) identificaram concentrações de sólidos suspensos e ferro total na água de irrigação que permitiram classificá-las de médio a alto risco ao sistema de irrigação localizada. Por isso, é fundamental conhecer as características do recurso disponível para escolher o sistema mais adequado para cada situação.

A qualidade da água pode ser influenciada pelas características naturais da área de drenagem e pelas ações antrópicas. Paz et al. (2000) ressaltaram a importância da atenção contínua quanto à quantidade e qualidade dos recursos água e terra, uma vez que são indispensáveis para a garantia da segurança alimentar. Pessoa et al. (2013) executaram uma análise espaço-temporal na cobertura vegetal e do uso da terra na área da Interbacia do rio Paraguai Médio, localizada no estado de Mato Grosso, compreendendo parte dos municípios de Barra do Bugres, Denise e Cáceres. Os resultados obtidos permitiram observar que a expansão das áreas de

monocultura de cana-de-açúcar ocorreu em áreas antes ocupadas por pastagem. A vegetação nativa foi intensamente antropizada nos últimos 20 anos, quando 22,89% da área foram substituídas por pastagem e cana-de-açúcar, fato este que pode influenciar de forma negativa na conservação da referida interbacia e, como consequência, na conservação do bioma Pantanal Mato-Grossense.

Assim, a qualidade da água está diretamente relacionada às atividades desenvolvidas na área da bacia hidrográfica, motivo pelo qual se faz importante a análise do uso e ocupação do solo naquela área. Em consonância com estas observações, Vanzela et al. (2010) verificaram a redução da quantidade de água disponível no córrego Três Barras, localizado no município de Marinópolis, estado de São Paulo, em áreas habitadas, agricultadas e de matas degradadas, enquanto houve aumento da vazão específica do referido córrego nas áreas ocupadas por matas e pastagens. A manutenção da cobertura na superfície do solo favorece a infiltração da água em detrimento de seu escoamento superficial, contribuindo para o abastecimento dos aquíferos subterrâneos que, por sua vez, abastecem os mananciais superficiais. Além da quantidade, Vanzela et al. (2010) verificaram a relação da qualidade da água com os usos na sub-bacia do córrego Três Barras, concluindo que as áreas ocupadas com mata e pastagem promoveram a melhoria de alguns atributos, enquanto nas áreas habitadas, agricultadas e de matas degradadas contribuíram para a redução da qualidade da água.

Desta forma, a necessidade de conhecer as características da água relacionando-a com o uso da terra, justifica a importância dos estudos sobre a qualidade da água, principalmente quando da necessidade de seu uso na irrigação. Desta forma, estes estudos também podem ser utilizados para avaliar qualidade ambiental de forma geral.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a dinâmica de uso da terra e a qualidade da água na área do Assentamento Antônio Conselheiro (AAC). O trabalho está dividido em três partes. O primeiro artigo trata o uso da terra e teve como referência os anos de 1995 (anterior à criação do AAC) e 2015 para melhor compreensão da alteração no uso da terra em decorrência da criação do AAC. O segundo artigo trata da caracterização e classificação da qualidade da água para uso na irrigação. No terceiro artigo discute-se a presença de dois agroquímicos nos principais mananciais superficiais disponíveis no AAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. *Irrigation and Drainage Paper*, 29, rev. 1, 1994. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.HTM#TOC>> Acesso em: 10 out. 2014.
- CHRISTOFIDIS, D. O futuro da irrigação e a gestão das águas. Série Irrigação e Água: I. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2008. 15p.
- PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Comunicado Técnico: Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.
- PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, J. R. S.; ZAGO, B. W. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Interbacia do Rio Paraguai Médio - MT, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa – MG, v. 37, n. 1, p. 119-128, 2013.
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

Uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro no estado de Mato Grosso
Land use in Assentamento Antônio Conselheiro in the state of Mato Grosso.

[Ra'e Ga]

Resumo

O uso da terra nos assentamentos rurais está voltado, principalmente, para atividades como a criação de animais e o desenvolvimento de culturas temporárias e permanentes para a subsistência e geração de renda. O objetivo deste trabalho foi avaliar a modificação do uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro localizado na microrregião de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5, do ano de 1995, e do Landsat-8, do ano de 2015, classificadas no *software* Spring. O software ArcGis foi utilizado para quantificação e elaboração do layout dos mapas das classes temáticas. O grau de antropização foi avaliado por meio do Índice de Transformação Antrópica (ITA). As classes mapeadas foram vegetação natural, agropecuária e corpos d'água. Os resultados mostram que houve alteração em todas as classes entre os anos de 1995 e 2015. A vegetação natural teve sua área reduzida, enquanto as classes agropecuária e corpos d'água apresentaram aumento de área. A diminuição da classe vegetação natural pode ocorrer principalmente com o aumento da pastagem e da agricultura. O aumento dos corpos d'água pode estar relacionado com a redução da vegetação presente nas margens dos cursos d'água. Assim o aumento no ITA evidencia a intensificação do processo de antropização na área em função da criação do Assentamento Antônio Conselheiro.

Palavras-chave: Geotecnologias. Uso e cobertura da terra. Transição Cerrado Amazônia. Assentamento de reforma agrária.

Abstract

The use of land in rural settlements has been aimed mainly for activities, such as breeding and development of temporary and permanent crops for subsistence and income generation. The objective of this study was to evaluate the change in land use in Assentamento Antônio Conselheiro located in the microregion of Tangará da Serra, state of Mato Grosso. Landsat-5 satellite images were used, from 1995, and Landsat-8 images from the year of 2015, which were classified by Spring software. The ArcGIS software was used for quantification and layout preparation of thematic class maps. The level of anthropic action was assessed by the Anthropic Transformation Index (ITA). The mapped classes were natural vegetation, agriculture and water bodies. The results show that there were changes in all classes between 1995 and 2015. The natural vegetation area was reduced, while the agricultural classes and water bodies showed area increase. The decrease of natural vegetation class may be related to the increase in pasture and agriculture, mainly. The increase of water bodies may be related to the reduction of the vegetation on the banks of waterways. The increase in the ITA reveals the intensification of the anthropic process in the area due to the creation of Assentamento Antônio Conselheiro.

Keywords: Geotechnologies. Land use and cover. Amazon Cerrado Transition. Agrarian reform Settlement

INTRODUÇÃO

O uso da terra é definido em função das atividades econômicas desenvolvidas em determinada área e, no caso de propriedades rurais, são voltadas principalmente para o estabelecimento de culturas e criação de animais, além de moradia e recreação. Estima-se que as mudanças no uso da terra sejam responsáveis por 75% das emissões de gases de efeito-estufa no Brasil, com especial destaque para as queimadas e o desmatamento no Cerrado e na Floresta Amazônica (BERMANN, 2008), fatores associados à antropização.

O estado de Mato Grosso é considerado uma das últimas fronteiras de expansão agrícola e de redistribuição espacial da população no país. Entretanto, as transformações na estrutura produtiva nas últimas décadas provocaram o aumento da concentração fundiária. Neste sentido, os assentamentos de reforma agrária representam uma alternativa concreta para reverter este processo (CUNHA, 2006).

A implantação de assentamentos de reforma agrária promove a diversificação da produção e, conseqüentemente, a oferta de maior variedade de produtos no mercado local, principalmente de produtos agropecuários, sobretudo em regiões onde há o predomínio de monoculturas cultivadas em grande escala como soja, milho e cana-de-açúcar (LEITE et al., 2004).

Para a realização de estudos de uso da terra há algum tempo usa-se as geotecnologias que vêm se mostrando satisfatórias (FIDALGO et al., 2003; CASTELANI; BATISTA, 2007; CORSEUIL et al., 2009; CASTELANI et al., 2012; COUTINHO, 2015), inclusive em áreas onde foram criados assentamentos de reforma agrária (FERNANDES, 2008; QUEIROZ JUNIOR et al., 2012).

Inserido na região de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, o Assentamento Antônio Conselheiro (AAC) localiza-se na região Oeste do estado de Mato Grosso, cuja cidade polo é Tangará da Serra (MATO GROSSO, 2015), abrangendo parte dos municípios de Tangará da Serra, Barra do Bugres e Nova Olímpia. Criado para regularizar a situação dos posseiros que ocupavam a Gleba Tapirapuã em 1996, a área foi dividida em 999 unidades agrícolas familiares, conforme Portaria Incra nº 109, de 12 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1997).

A divisão da unidade produtiva para constituição de assentamento de reforma agrária pode resultar em alterações no uso da terra que são avaliadas pelo cálculo do Índice de Transformação Antrópica (ITA) proposto por Lèmechev (1982) modificado

por Mateo (1991). As alterações decorrentes das mudanças nos usos da terra podem causar impactos aos diversos compartimentos ambientais, como a água, por exemplo.

A água utilizada pela população é proveniente dos mananciais superficiais e subterrâneos existentes na área do AAC e, muitas vezes, não é tratada ou mesmo filtrada. Além disso, a água é essencial para o desenvolvimento das culturas agrícolas e para a criação de animais, as principais fontes de renda dos assentados.

Ademais, o rio Sepotuba juntamente com o rio Cabaçal destacam-se pela formação do rio Paraguai, que contribui para a maior planície inundável do planeta, o Pantanal.

Assim, objetivou-se avaliar a modificação no uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro localizado na microrregião de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no AAC, cuja área total é de 39.202,02 hectares, localizado entre as coordenadas geográficas $14^{\circ}37'56''$ e $14^{\circ}59'10''$ S de latitude e $57^{\circ}37'53''$ a $57^{\circ}50'11''$ W de longitude (Figura 1).

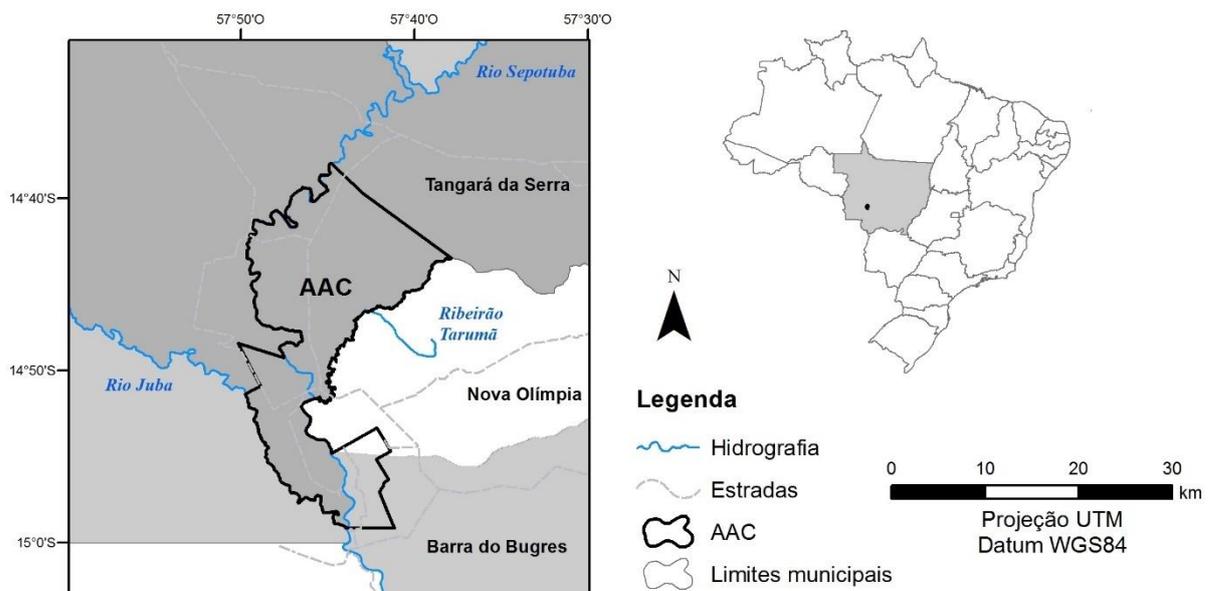


Figura 1 - Localização do Assentamento Antônio Conselheiro, estado de Mato Grosso.

O clima da região é caracterizado por dois períodos bem definidos, chuvoso no verão e seco no inverno, com altas temperaturas, denominado como Tropical Úmido Megatérmico (Awa) segundo a classificação de Köppen. De acordo com Dallacort et al. (2010) a região de Tangará da Serra apresenta temperatura média anual de 24°C, precipitação de 1500 mm e umidade relativa do ar de 70 a 80%.

A área do AAC está inserida na bacia do rio Sepotuba compreendida no Bioma Amazônia e apresenta a fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2004a) que se encontra em região de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia onde é possível observar a existência de áreas de Savana (IBGE, 2004b).

Os solos da região são compostos por Latossolos Amarelos Distróficos, Neossolos Quartzarênicos Órticos e Flúvicos Distróficos, Argissolos Vermelhos Eutróficos e Vermelhos-Amarelos Distróficos e Cambissolos Háplicos Distróficos (IBGE, 2011).

Aquisição e tratamento de imagens

Foi utilizada a imagem do satélite Landsat, órbita/ponto 228/070, do sensor Thematic Mapper (TM) datada do dia 29 de julho de 1995, disponibilizada no Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (BRASIL, 2015) com resolução espacial de 30 metros e radiométrica de 8 bits. A imagem do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), de 2015 foi obtida no dia 20 de julho e disponibilizada georreferenciada, gratuitamente, pelo United States Geological Service (USGS) (USGS, 2015), cuja resolução espacial é de 30 metros e radiométrica de 16 bits.

No sistema Spring foi criado um banco de dados para processamento das imagens no sistema de coordenadas UTM, datum WGS84, zona 21S. A imagem de 1995 foi registrada com o auxílio da imagem Geocover, disponibilizada pelo USGS (USGS, 2015). As imagens foram recortadas com o auxílio do *shape* da área. A segmentação por crescimento de regiões foi realizada com limiar 8 de similaridade e 16 de área. Esta técnica visa agrupar pixels que possuem características espectrais semelhantes (CÂMARA et al., 2013) e foi utilizada neste trabalho para delimitar as amostras utilizadas no treinamento e quantificação das classes de uso da terra (XAUD; EPIPHANIO, 2014). Os limiares 8 e 16 (similaridade e área) foram tomados como base em estudos realizados na Amazônia (SHIMABUKURO et al., 1999; MARTINS JUNIOR et al., 2008).

A partir das definições do Manual de Uso da Terra (IBGE, 2013), das observações em campo e das imagens de satélite foram definidas três classes, quais sejam:

- Vegetação natural: inclui áreas florestais ou campestres, primárias e secundárias;
- Agropecuária: engloba as áreas antrópicas agrícolas de pastagem (plantadas ou naturais) e agricultura (culturas permanentes e temporárias diversificadas);
- Corpos d'água: refere-se a corpos d'água continentais, naturais e artificiais (rios, córregos, represas e açudes).

A classificação supervisionada da imagem foi realizada por meio de treinamento, que consiste na identificação de amostras de classes pelo usuário e avaliada pelo algoritmo Bhattacharya com aceitação de 99,9%. A avaliação da exatidão do processo de classificação foi realizada por meio do índice Kappa (COHEN, 1960).

A validação da classificação de 1995 foi feita com o auxílio de mapas e informações obtidas junto aos assentados que conheceram a propriedade antes da estruturação do assentamento. De outubro de 2014 a junho de 2015 foram feitas visitas mensais ao assentamento durante as quais se procedeu a coleta de Pontos de Controle Terrestre (PCTs), com o auxílio de GPS e câmera fotográfica, para validar a classificação do ano de 2015.

Após a produção, os mapas temáticos foram exportados para a quantificação das classes no *software* ArcMap, versão 10.1.

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) foi calculado por meio da Equação 1:

$$ITA = \frac{\sum(\%uso \times peso)}{100} \quad (1)$$

onde:

uso – área em porcentagem da classe de uso;

peso – peso atribuído aos diferentes tipos de uso em relação ao grau de alteração antrópica.

O peso varia de 1 a 10, sendo que 1 indica baixo grau de antropização e 10 indica as maiores pressões. Para que a atribuição de pesos seja mais adequada utiliza-se a divisão em quartis nos quais áreas pouco degradadas estão entre 0 e 2,5; regular de 2,5 a 5; degradado de 5 a 7,5 e muito degradado de 7,5 a 10 (CRUZ et al., 1998).

Os pesos atribuídos às classes vegetação natural, agropecuária e corpos d'água estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos atribuídos às classes para cálculo do ITA.

Classe	Peso
Vegetação	2,0
Agropecuária	6,0
Corpos d'água	1,0

A definição do peso atribuído às classes foi feita por meio de consulta sistemática, denominada método Delphi, à especialistas e pesquisadores que conhecem a área de estudo (SCHWENK; CRUZ, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A acurácia do mapa temático apresentado na Figura 2 foi verificada pela matriz de erros, por meio do estimador de acerto Kappa (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado pelo estimador de acerto Kappa.

	1995	2015
Acurácia global (%)	98,33	99,92
Índice Kappa	0,96	0,99

Os valores do índice Kappa de 0,8 são considerados excelentes por Landis e Koch (1977), Congalton e Green (1999) e Manel et al. (2001), e indicam que o resultado esperado para a classificação foi alcançado.

A classe agropecuária apresentou confusão espectral, 1,67% e 0,08% dos pixels foram erroneamente atribuídos à classe de vegetação natural para os anos de 1995 e 2015, respectivamente. Esta confusão espectral pode estar associada à

característica da pastagem local de possuir arbustos que foram confundidos com a área de vegetação natural.

O uso da terra na área de estudo sofreu alterações no período avaliado, conforme representado na Figura 2, que resultaram no aumento de seu ITA.

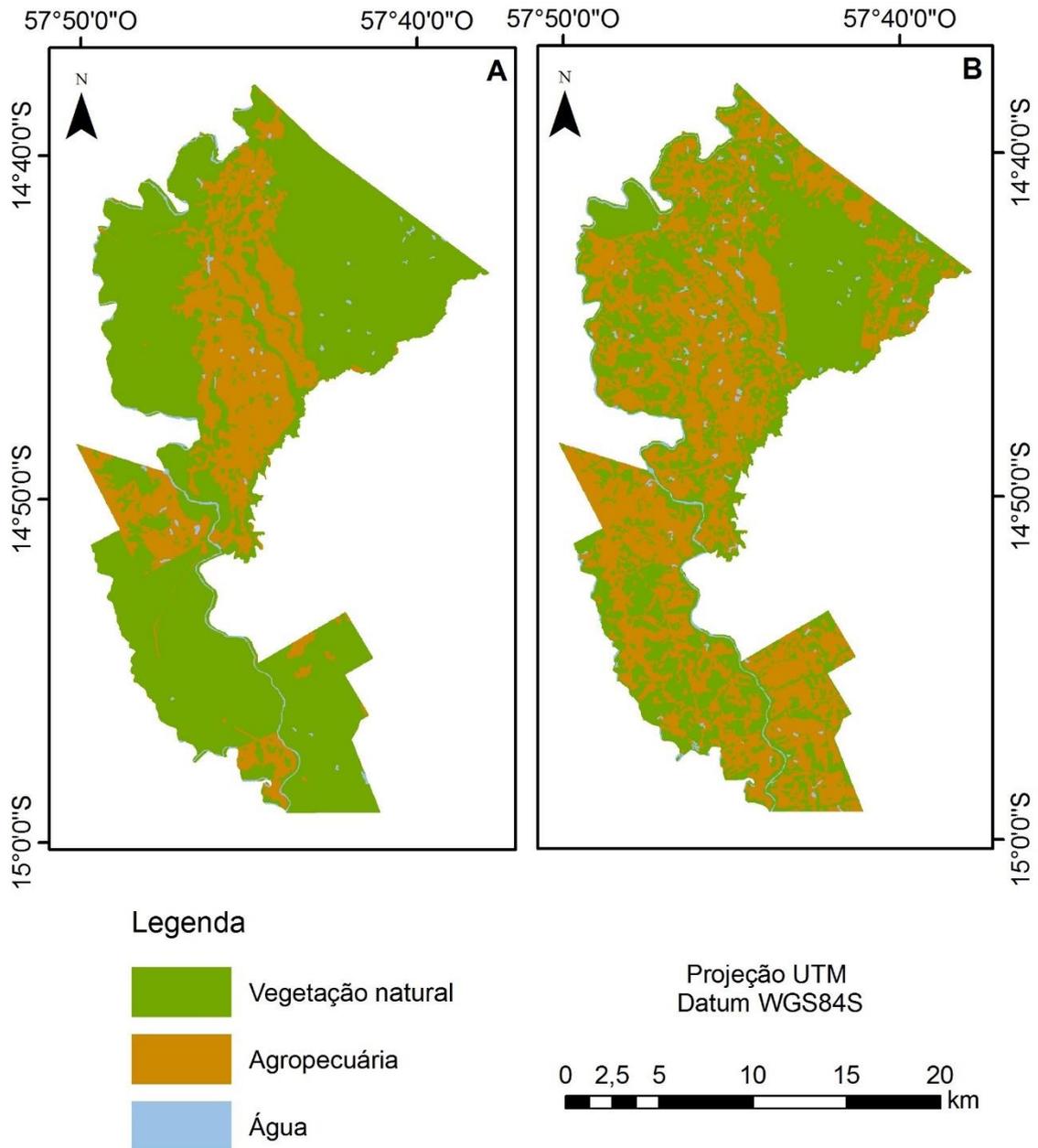


Figura 2 - Classes de cobertura e uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro, estado de Mato Grosso, Brasil, nos anos de 1995 (A) e 2015 (B).

A quantificação das classes de cobertura e uso da terra no AAC e o Índice de Transformação Antrópica calculados para os anos de 1995 e 2015 estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado do ITA nos anos de 1995 e 2015 na área do Assentamento Antônio Conselheiro.

Classes de uso da terra	Área em %		Peso	Resultado ITA	
	1995	2015		1995	2015
Vegetação natural	75,00	48,36	2,0	1,50	0,97
Agropecuária	23,61	49,54	6,0	1,42	2,97
Corpos d'água	1,39	2,10	1,0	0,01	0,02
Total	100	100		2,93	3,96

As alterações no uso da terra na área do AAC no período avaliado podem ser percebidas pelo aumento do ITA de 1995 para 2015. Entretanto, a classe agropecuária foi a que mais colaborou para o aumento do ITA. Nascimento et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes no estudo da Bacia Hidrográfica do rio do Sangue, a área de vegetação natural foi suprimida em função da introdução de agricultura e pastagem, corroborando com os dados obtidos neste estudo, uma vez que tais atividades fazem parte da classe denominada agropecuária.

Na avaliação do uso da terra na Bacia do Córrego do Bezerro Vermelho Gouveia et al. (2013) evidenciaram mudanças na paisagem, com o aumento da agricultura, redução de cobertura florestal, eliminação da vegetação secundária e o aumento da lâmina d'água. Estas mudanças ocorridas em um período de 27 anos intensificaram o nível de antropização da área, percebido pelo aumento do ITA de regular para degradado.

A redução da área de vegetação natural está relacionada ao aumento das áreas de agropecuária e dos corpos d'água.

No AAC a área de vegetação reduziu 35,52%, do ano de 1995 para 2015, enquanto a agropecuária aumentou em 209,38%. Em estudo na bacia do rio Sepotuba, realizado por Serigatto (2006), verificou-se que o uso da terra seguiu o mesmo padrão de ocupação observado na área da Amazônia Legal, onde áreas de vegetação natural são convertidas em agricultura ou pastagem. O processo de desmatamento intensificou e fatores como a agricultura de subsistência, a pecuária

intensiva, e mais recentemente, a agricultura mecanizada, são apontados como os principais agentes de contribuição para esse processo (FERREIRA et al., 2005)

O estudo da transformação antrópica na Bacia do rio Diamantino, no estado de Mato Grosso, identificou resultado semelhante com o aumento do grau de antropização associado, principalmente, à expansão de pastagem sobre áreas de vegetação natural. As modificações nos usos foram intensas e promoveram a alteração da classificação do ITA de pouco degradado em 1993 e 2003 para regular em 2013 (COCCO et al., 2014).

Outro aspecto importante na implantação de um assentamento rural são as obras de infraestrutura como abertura de estradas, construção de pontes, escolas, pontos de comércio, entre outros. Ademais, após a divisão dos lotes entre os assentados é esperado que o proprietário faça o isolamento de sua propriedade. Todas estas atividades demandam o uso de madeira que, no momento da criação do AAC, se encontrava à disposição na área de floresta, principalmente.

Antes da implantação do AAC, não havia área ocupada por agricultura na Gleba Tapirapuã, era destinada exclusivamente a criação extensiva de gado. Com a divisão da área em lotes para os assentados pode-se observar o início do cultivo agrícola, com destaque para banana, mandioca, citrus e milho. Assim, em 2015 a agricultura quantificada inclui cultivos diversificados em pequena escala para o consumo próprio e venda no comércio local. O aumento da diversificação de produtos no mercado local e regional é característica marcante da agricultura familiar que proporciona maior equilíbrio à economia regional (FRANÇA et al., 2009).

A redução da área de vegetação em conjunto com o aumento da área de pastagem está associada à formação de áreas de pastejo para criação de gado. Esta tendência ocorre na área de expansão da fronteira agrícola do estado de Mato Grosso e exerce pressão sobre a Amazônia, conforme evidenciado em alguns estudos (MARGULIS, 2003; BABY et al., 2013). Lemos e Silva (2011) destacam que o rebanho bovino do estado de Mato Grosso está em ritmo de crescimento de 7,5% ao ano, passando de 9 milhões para cerca de 27 milhões de cabeças entre os anos de 1990 e 2005.

As modificações na paisagem são motivadas por diversos fatores, como a migração de pessoas, estabelecimento de empreendimentos, exploração de recursos naturais, dentre outros. Ao longo do tempo, a ocupação da Amazônia sofreu alterações, desde 1960 observa-se a dinâmica de supressão (LUI; MOLINA, 2009) e

fragmentação da paisagem, sobretudo em áreas de floresta, para a expansão da fronteira agrícola como a ocupação humana, entre outros, promovem o aumento da pressão sobre a Amazônia.

A redução da vegetação natural da mata ciliar deixa a superfície dos corpos d'água mais visíveis nas imagens de satélite. A área de massas d'água quase dobrou de 1995 para 2015. Tal ocorrência pode estar relacionada ao desmatamento no entorno dos corpos hídricos, fato que deixa a superfície mais visível nas imagens utilizadas.

Rodrigues et al. (2014), estudando a bacia do rio Queima-Pé, afluente da margem esquerda do rio Sepotuba, observaram que as mudanças ocorridas no uso da terra podem representar ameaça à conservação dos recursos hídricos à medida que afetam as matas ciliares, responsáveis por proteger os mananciais superficiais.

O aumento de corpos d'água pode estar relacionado à construção de açudes para disponibilização de água para a dessedentação dos animais, bem como a escavação de tanques para piscicultura, atividades desenvolvidas no AAC com o objetivo de diversificar a alimentação e gerar renda para as famílias assentadas.

As condições naturais de fragilidade ambiental, relacionadas a aspectos hidrogeológicos, pedológicos e/ou climáticos, podem ser potencializadas pelas pressões decorrentes das ações do homem (CARVALHO, 2012). Estudos realizados por Vanzela et al. (2010), Salemi et al. (2012) e Rodrigues et al. (2015) encontraram evidências de alteração da dinâmica hidrológica de cursos d'água em diferentes localidades em decorrência da mudança dos usos da terra.

Portanto, uma vez que o trabalhador tem a posse da área, o mesmo define os usos que serão dados àquela área. Assim, as escolhas da gestão ambiental do lote estão relacionadas aos interesses do agricultor e dependem de questões como mercado agrícola, acesso a financiamentos e legislação vigente, principalmente, a ambiental. Streck e Essi (2013) verificaram, nos assentamentos Potreiro Bonito e Terra Nova no município de Palmeira das Missões, estado do Rio Grande do Sul, que as dificuldades encontradas para a geração de renda nestas localidades contribuem para o desmatamento, uma vez que se prioriza a sobrevivência da família em detrimento da preservação ambiental.

As atividades antrópicas desenvolvidas na área do AAC continuarão a existir, o que demonstra a importância do estudo do uso da terra. A acentuação do grau de antropização indica a necessidade de orientação das atividades desenvolvidas, no

sentido de minimizar as consequências, principalmente pelo fato do AAC estar inserido em uma área de contribuição da bacia do rio Paraguai que banha o Pantanal Matogrossense, maior planície de inundação contínua do planeta.

CONCLUSÃO

A avaliação dos usos da terra indica que as áreas de vegetação natural foram substituídas, principalmente, por atividades de agropecuária, em função da constituição do Assentamento Antônio Conselheiro;

O aumento do ITA evidencia a intensificação do grau de antropização, entre os anos de 1995 e 2015, na área do Assentamento Antônio Conselheiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABY, A. L. T.; BUSCHBACHER, R.; ROSSETE, A. N. Estudo da dinâmica de desmatamento do município de Cotriguaçu – Mato Grosso, Brasil. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 2013, Foz do Iguaçu – PR. Anais... Foz do Iguaçu –PR: INPE, abr. 2013. p. 7079-7085.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 20-29, set. 2008.

BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Portaria INCRA/SR (13) nº 109, de 12 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a destinação de imóvel para fins de Reforma Agrária e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 dez. 1997. Seção 1, p. 27.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens. São José dos Campos – SP. 2015. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D.; VIANEI, J. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. Revisado por Luis Maurano. Coordenadoria Geral de Observação da Terra. Programa Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 37 p. 2013.

CARVALHO, M. E. S. Vulnerabilidade hídrica na bacia sergipana do rio Vaza Barris. **RA'EGA**, Curitiba, v. 25, p. 186-217, 2012.

CASTELANI, C. S.; BATISTA, G. T. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007.

CASTELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W. Determinação de áreas prioritárias para o restabelecimento da cobertura florestal, apoiada no uso de geotecnologias. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 113-126, 2012.

COCCO, J.; RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. S. Análise da transformação antrópica na Bacia Hidrográfica do Rio Diamantino. In: 5º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2014, Campo Grande – MS. Anais... Campo Grande – MS: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p. 26-36.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, Santa Barbara - Califórnia, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136p.

CORSEUIL, C. W.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F. L.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado na determinação da aptidão agrícola de uma microbacia. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 12-22, jan./mar. 2009.

COUTINHO, L. M. Mapeamento de uso do solo em Área de Preservação Permanente (APP) na bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim – ES. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2015, João Pessoa – PB. Anais... João Pessoa – PB: INPE, 2015. p. 35-42.

CRUZ, C. B. M.; TEIXEIRA, A. J. A.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M.; MENEZES, P. M. L. Carga antrópica da bacia hidrográfica da baía de Guanabara. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1998, Santos - SP. Anais... Santos - SP: INPE, 1998. p. 99-109.

CUNHA, J. M. P. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 87-107, jan./jun. 2006.

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**, São José dos Campos – SP, v. 25, n. 3, p. 359-364, 2010.

FERNANDES, L. C. **Estudo multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamentos em Rondônia**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2008.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo – SP. v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

FIDALGO, E. C. C.; CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E.; PINTO, R. M. S.; DOUSSEAU, S. L. Mapeamento do uso e da cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da região Amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 871-877, 2003.

FRANÇA, C. G.; DEL GROSSI, M. E.; MARQUES, V. P. M. A. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário. NEAD Debate 18. Brasília: MDA, 2009. 96p.

GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Aplicação do Índice de Transformação Antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra - MT. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1045-1054, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Embrapa. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Escala 1:5.000.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 3. ed., 2013. 171p., il. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7)

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004a. Escala 1:5.000.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2004b. Escala 1:5.000.000.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington DC, v. 33, p. 159-174, mar. 1977.

LEITE, S.; HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro**. Brasília: Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural – NEAD, 1. ed. 2004. 392 p.

LÉMECHEV, T. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. **Journal of Hydrology**, v. 100, p. 357-375, 1982.

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. **Amazônia: Revista de Antropologia**, Belém – PA, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2009.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado das Cidades – SECID. Regiões de Planejamento do Estado de Mato Grosso. 2015. Superintendência de Mobilidade, Acessibilidade e Gestão Urbana. Coordenadoria de Geotecnologia. Sistema de Informações Municipais – GeoCidades.

MANEL, S.; WILLIAMS, H. C.; ORMEROD, S. J. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. **Journal of Applied Ecology**, Londres - UK, v. 38, p. 921-931, 2001.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira. Banco Mundial, Brasília, 100 p., jun. 2003.

MARTINS JUNIOR, A. F.; WAICHMAN, A. V.; VILLAMIZAR, E. A. R. Classificação e estimativa das áreas alagáveis da bacia do rio Purus, Amazônia Ocidental, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2008, Recife - PE. Anais... Referência 207. Recife - PE, 2008.

MATEO, J. **Geoecologia de los paisajes**. Caracas: Universidad Central de Caracas, 1991, 190p.

NASCIMENTO, D. L.; GALVANIN, E. A. S.; RIBEIRO, H. V.; COCCO, J. Análise e previsões das ações antrópicas para a bacia do rio do Sangue - Mato Grosso/Brasil. **Revista de Estudos Sociais**, n. 34, v. 17, p. 52-63, 2015.

QUEIROZ JÚNIOR, V. S.; OLIVEIRA, R. M.; CARVALHO, L. S.; BENINCÁ, M. C. Geotecnologias aplicadas ao levantamento de uso do solo em assentamento de reforma agrária, Sudoeste de Goiás. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 2012, Uberlândia, Anais... Uberlândia: UFU, 2012. p. 1-11.

RODRIGUES, E. L.; ELMIRO, M. A. T.; BRAGA, F. A.; JACOBI, C. M.; ROSSI, R. D. Impact of changes in land use in the flow of the Pará River Basin, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 70-76, 2015.

SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; SEGHEsi, G. B.; MORAES, J. M.; FERRAZ, S. F. B.; MARTINELLI, L. A. Consequências hidrológicas da mudança de uso da terra de floresta para pastagem na região da floresta tropical pluvial atlântica. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 127-140, 2012.

SCHWENK, L. M.; CRUZ, C. B. M. Conflitos socioeconômicos-ambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no estado de Mato Grosso. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá - PR, v. 30, n. 4, p. 501-511, 2008.

SERIGATO, E. M. **Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Sepotuba - MT**. 2006. 188f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; SANTOS, J. R.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C. Levantamento de áreas desflorestadas na Amazônia através de processamento digital de imagens orbitais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica - RJ, v. 6, n. 1, p. 38-44, jan./dez. 1999.

STRECK, M. T.; ESSI, L. Áreas de preservação permanente e reserva legal: experiência e educação ambiental envolvendo famílias de produtores rurais. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria – RS, v. 14, n. 14, p. 2832-2838, 2013.

USGS. United States Geological Survey. Earth Explorer. 2015. Disponível em: <<http://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

XAUD, M. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Dinâmica do uso e cobertura da terra no sudeste de Roraima utilizando técnicas de detecção de mudanças. **Acta Amazonica**, Manaus - AM, v. 44, n. 1, p. 107-120, 2014.

Água para irrigação no Assentamento Antônio Conselheiro, Mato Grosso, Brasil.

Water for irrigation in Assentamento Antônio Conselheiro, Mato Grosso, Brasil.

[Revista Águas Subterrâneas]

Resumo

A irrigação é uma tecnologia essencial para o aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos, aumento da renda do produtor rural, dentre outras, e para o sucesso destas é fundamental a boa qualidade da água. A presença de sais em grandes concentrações na água, por exemplo, pode causar salinização do solo, toxidez nas plantas e danos aos equipamentos de irrigação como o entupimento de aspersores, o que acarreta prejuízos ambientais e econômicos. Desta forma, objetivou-se caracterizar e classificar a qualidade da água para irrigação na área do Assentamento Antônio Conselheiro (AAC), localizado no estado de Mato Grosso. Foram definidos cinco pontos de coleta de águas superficiais e cinco de águas subterrâneas nos principais mananciais da área, rios Sepotuba e Juba, no ribeirão Tarumã foram escolhidos quatro poços, totalizando 29 pontos. As coletas foram realizadas mensalmente, no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. As análises de bicarbonato, cálcio, cloretos, condutividade elétrica, magnésio, pH e sódio foram realizadas em triplicata no Laboratório de Química, Campus de Barra do Bugres e Laboratório de Solos, Campus de Tangará da Serra, da Universidade do Estado de Mato Grosso. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos por Ayers e Westcot (1985) e utilizados para classificar as águas por meio do diagrama de Piper e metodologia de Richards (1954). Das variáveis avaliadas, apenas condutividade elétrica, pH e RAS apresentaram restrições ao uso na irrigação. A classificação feita por meio do diagrama de Piper indica a presença de águas sódicas cloretadas (59%), sódicas bicarbonatadas (38%) e cloretadas mistas (3%). Águas boas ou excelentes ocorreram em 88,2% dos pontos de acordo com o diagrama do USSL. Portanto, a água disponível na área do AAC, em fontes superficiais e subterrâneas, pode ser utilizada em sistemas de irrigação por aspersão e localizada, sem maiores prejuízos ao solo e às culturas.

Palavras-chave: Salinidade. Risco de salinização. Risco de sodicidade. Sistemas de irrigação.

Abstract

Irrigation is an essential technology for increasing productivity, improvement of product quality, increasing the income of farmers, among others, besides the good quality of water is essential to their success. The presence of salts in high concentrations in water, for example, may cause salinity of the soil, the plants toxicity and damage to irrigation equipment such as clogging of nozzles, which results in environmental and economic damage. Thus, the aim of this study was to characterize and classify the quality of water for irrigation in the area of Assentamento Antônio Conselheiro (AAC), located in the state of Mato Grosso. Five spots of surface water collection and five groundwater were defined in the main water sources of the area, namely rivers Sepotuba, Juba and Tarumã, except in Tarumã area where four wells were chosen, totaling 29 points. Samples were collected monthly from October 2014 to September 2015. Bicarbonate, calcium, chloride, conductivity, magnesium, sodium and pH

analysis were performed in triplicate in Chemistry Laboratory, Campus of Barra do Bugres and Soil Laboratory, Campus of Tangará da Serra, State University of Mato Grosso. The results obtained were compared with the parameters set by Ayers and Westcot (1985) and used to classify the waters by Piper diagram and methodology of Richards (1954). Regarding the variables, only electrical conductivity, pH and RAS had restrictions on the use in irrigation. The classification made by Piper diagram indicates the presence of chlorinated sodic waters (59%) sodium bicarbonated (38%) and mixed chlorinated (3%). Good or excellent water occurred in 88.2% of the points, according to the diagram of USSL. The water available in the area of AAC in surface and groundwater sources can be used in sprinkler irrigation systems and localized, with no major damage to the soil and crops.

Keywords: Salinity. Salinization risk. Sodidity risk. Irrigation systems.

INTRODUÇÃO

O Assentamento Antônio Conselheiro (AAC) é atravessado por dois grandes mananciais de águas superficiais, os rios Juba e Sepotuba, e pelo ribeirão Tarumã, de menor volume, cuja bacia está em grande parte compreendida na área do AAC. Além de fornecer água para abastecer as propriedades próximas às suas calhas, estes rios são muito usados para pesca e lazer, a Cachoeira do Juba e o Salto Maciel são os principais atrativos turísticos.

Apesar da abundância de água nestes mananciais, em muitas áreas do assentamento há problemas de escassez. A região é caracterizada por um período de seca bem definido, entre os meses de maio e setembro (DALLACORT et al., 2011) que, aliado à altas temperaturas, causa redução drástica do volume de água de pequenos córregos, muitos chegam a secar. Nestas áreas, o uso das águas subterrâneas é fundamental para garantir o abastecimento da população, a dessedentação de animais e a manutenção das práticas agrícolas.

Os poços para captação de água subterrânea no AAC possuem características diversas quanto à profundidade, estrutura física, sistema de bombeamento e qualidade da água, dentre outras. Em algumas propriedades os poços rasos não possuem revestimento de tijolos nas paredes internas e tão pouco apresentam proteção de alvenaria em sua borda. Entre os poços mais profundos, o padrão de execução é mais uniforme, tipo tubular, entretanto, a qualidade da água é variável. É comum a ocorrência de águas com sabor desagradável devido a presença de sais em grande concentração e aroma característico da presença de compostos à base de enxofre.

A qualidade da água utilizada na irrigação e sua disponibilidade são fundamentais para o sucesso no uso de sistemas irrigados. Para isso é necessário conhecer as características da água que, por sua vez, subsidiarão a escolha do sistema de irrigação mais adequado para cada situação, priorizando o uso racional dos recursos hídricos (SEID e GENANEW, 2013; GADANAKIS et al., 2015).

As diretrizes propostas por Ayers e Westcot (1985) para a interpretação da qualidade da água constituem uma importante ferramenta para melhor compreensão dos efeitos nos solos e na cultura. A condutividade elétrica, a razão de adsorção de sódio (RAS), a concentração de sódio, cloro, bicarbonato e o pH na água estão entre as variáveis utilizadas para identificar a presença de sais dissolvidos e compostos iônicos, que podem ocasionar o entupimento de tubulações e emissores, a toxidez das plantas e a salinização do solo, inviabilizando a produção agrícola.

A irrigação com águas salinas pode provocar o acúmulo de sódio nos caules, raízes e folhas, entretanto, não afeta significativamente o seu crescimento conforme demonstrado por Araújo et al. (2014) para a cultura do cajueiro. O aumento da salinidade da água de irrigação não influenciou outros aspectos, como a umidade foliar do feijoeiro caupi (COELHO, J. et al., 2014) e a germinação de sementes de sorgo forrageiro (COELHO, D. et al., 2014). Por outro lado, algumas espécies são sensíveis ao aumento da salinidade, o que pode se manifestar nas diferentes etapas do ciclo de vida da planta, como observado por Diniz Neto et al. (2014) no desenvolvimento de mudas de oiticica e Lima et al. (2014) no crescimento e produção da mamoneira.

A avaliação da qualidade da água da bacia do rio Curu, no estado do Ceará, demonstrou o aumento da concentração de sais em geral, com destaque para o sódio. Áreas urbanas e perímetros irrigados foram os principais responsáveis pelas alterações, evidenciando a influência negativa da ação antrópica sobre fontes superficiais (FROTA JUNIOR et al., 2007). A presença de cloretos em águas correntes e subterrâneas está associada à dissolução de minerais constituintes das rochas, bem como às ações do homem relacionadas ao manejo da irrigação, uso de fertilizantes à base de cloro (FERNANDES et al., 2005) despejo de efluentes domésticos e industriais *in natura* (ZUFFO et al., 2009; BAZINET, 2010).

Em contrapartida, o uso de águas salinas na irrigação promove o aporte de nutrientes no solo. Os sais contidos nestas águas são utilizados pelas plantas no crescimento e desenvolvimento, muitas vezes é preciso o uso de fertilizantes para

suprir a demanda da cultura. A partir da determinação da concentração dos elementos contidos na água de irrigação e da quantidade necessária para o desenvolvimento da cultura, em relação aos sais, pode-se estimar o aumento da concentração no solo.

Nas adjacências do assentamento estão implantados diversos empreendimentos, situados na parte alta da bacia, como as usinas Juba I e II, monocultivos de cana-de-açúcar, soja, milho, teca e pinus, jazidas de extração de calcário, criação intensiva e extensiva de animais. A sede do município de Tangará da Serra tem seus efluentes domésticos e industriais destinados ao rio Sepotuba por meio dos afluentes Ararão e Queima Pé. Paz et al. (2000) enfatizam a importância da vigilância contínua quanto à quantidade e qualidade dos recursos água e terra, indispensáveis para garantir a segurança alimentar.

A implantação de sistemas irrigados aliada a práticas de uso eficiente da água conjuga benefícios ao meio ambiente e produtores rurais (LEVIDOW et al., 2014) à medida que possibilita a melhoria da qualidade dos produtos e da produtividade (KADYAMPAKENI et al., 2013).

Adicionalmente, estudos sobre a qualidade da água podem ser utilizados para análise da qualidade ambiental de forma geral. Apesar de sua importância, são raras as propriedades no AAC que dispõem de algum tipo de sistema de irrigação, mesmo que rudimentar, porém, há potencial de implantação devido às características locais, como a exploração de fruticultura e hortaliças, disponibilidade de água em quantidade suficiente, dentre outros fatores.

Diante do exposto, objetivou-se caracterizar e classificar a qualidade da água com vistas à utilização de sistemas de irrigação no Assentamento Antônio Conselheiro, estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área do Assentamento Antônio Conselheiro (AAC), com total de 39.202,02 hectares, localizada entre as coordenadas geográficas 14°37'58,83"S a 14°59'08,14"S e 57°44'48,64"W a 57°43'55,90"W. Esta área abrange parte dos municípios de Barra do Bugres, Nova Olímpia e Tangará da Serra (Figura 1), estado de Mato Grosso.

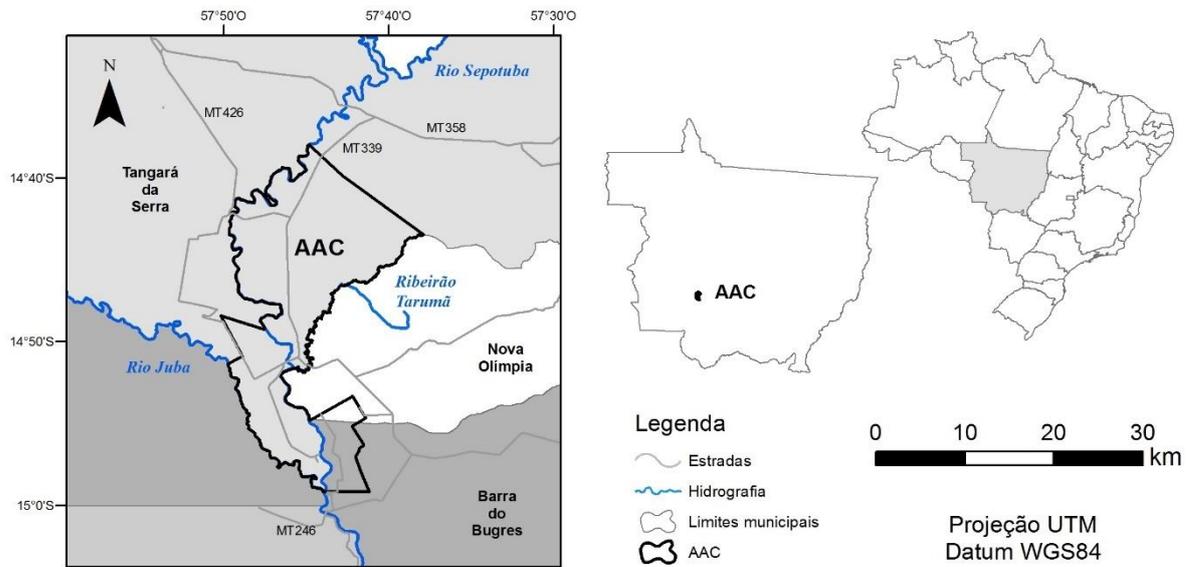


Figura 1 – Localização do Assentamento Antônio Conselheiro nos municípios de Tangará da Serra, Nova Olímpia e Barra do Bugres, estado de Mato Grosso

Figure 1 – Assentamento Antônio Conselheiro localization in Tangará da Serra, Nova Olímpia e Barra do Bugres municipalities, Mato Grosso State.

Na área em questão, para maior representatividade das características de qualidade da água foram definidos cinco pontos de coleta de amostras de água superficial (realizadas à margem dos rios) e cinco de água subterrânea (dentre poços rasos e profundos) na área de contribuição dos rios Sepotuba, Juba e do ribeirão Tarumã na porção que banha o AAC. Os 29 pontos de coleta foram identificados conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Área de localização, código de identificação e coordenadas geográficas dos pontos de coleta, a primeira letra do código de identificação representa rio (R) e poço (P).

Table 1 – Localization área, identification code and geographic coordinates from sample points, in wich the identification code's first letter means river (R) and well (P).

(continua)

Área	Código	Coordenadas geográficas	
		Latitude	Longitude
Rio Sepotuba	RS1	14° 36' 29,04" S	57° 44' 0,42" W
	RS2	14° 44' 3,93" S	57° 49' 27,42" W
	RS3	14° 48' 23,46" S	57° 46' 37,62" W
	RS4	14° 51' 15,24" S	57° 46' 14,58" W
	RS5	14° 59' 9,78" S	57° 43' 57,72" W
Poço Sepotuba	PS1	14° 39' 30,36" S	57° 44' 43,02" W
	PS2	14° 43' 0,84" S	57° 48' 49,68" W
	PS3	14° 48' 36,48" S	57° 46' 30" W
	PS4	14° 52' 46,92" S	57° 47' 20,16" W
	PS5	14° 58' 6,42" S	57° 44' 3,12" W
Rio Tarumã	RT1	14° 41' 52,698" S	57° 43' 35,1" W
	RT2	14° 43' 3,84 S	57° 39' 50,58" W
	RT3	14° 45' 27" S	57° 40' 42,06" W
	RT4	14° 49' 19,74" S	57° 44' 39,24" W
	RT5	14° 51' 37,44" S	57° 45' 48,84" W
Poço Tarumã	PT2	14° 44' 14,52" S	57° 45' 25,44" W
	PT3	14° 43' 47,52" S	57° 40' 26,64" W
	PT4	14° 48' 54,36" S	57° 44' 58,32" W
	PT5	14° 51' 43,02" S	57° 45' 54,54" W

Tabela 1 – Área de localização, código de identificação e coordenadas geográficas dos pontos de coleta, a primeira letra do código de identificação representa rio (R) e poço (P).

Table 1 – Localization área, identification code and geographic coordinates from sample points, in wich the identification code's first letter means river (R) and well (P).

(conclusão)

Área	Código	Coordenadas geográficas	
		Latitude	Longitude
Rio Juba	RJ1	14° 51' 22,5" S	57° 49' 44,94" W
	RJ2	14° 54' 9,12" S	57° 48' 39,6" W
	RJ3	14° 56' 40,5" S	57° 47' 14,94" W
	RJ4	14° 58' 20,4" S	57° 44' 39,12" W
	RJ5	14° 59' 5,58" S	57° 44' 0,24" W
Poço Juba	PJ1	14° 51' 36,9" S	57° 48' 58,38" W
	PJ2	14° 54' 6,6" S	57° 48' 8,76" W
	PJ3	14° 56' 34,2" S	57° 47' 1,2" W
	PJ4	14° 57' 7,74" S	57° 45' 56,52" W
	PJ5	14° 59' 0,36" S	57° 44' 2,76" W

Os pontos foram escolhidos de forma a garantir a maior uniformidade de coleta em cada uma das unidades, observando a representatividade da área e a acessibilidade, pois a maior parte das propriedades é isolada por cercas e portei ras.

As coletas foram realizadas mensalmente, entre outubro de 2014 e setembro de 2015, em recipiente plástico, com capacidade para 1 (um) litro, previamente identificados, considerando a variabilidade da água no local de coleta. Imediatamente após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixa de isopor com gelo para o transporte até o laboratório (MANTOVANI et al., 2009).

As análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Química (Campus de Barra do Bugres) e no Laboratório de Solos (Campus de Tangará da Serra) ambos da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). As variáveis pH, CE (condutividade elétrica), Na⁺ (sódio), Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio), Cl⁻(cloreto) e HCO₃⁻ (bicarbonato) foram determinadas com equipamentos específicos e análises de titulação conforme relacionado no Tabela 2, em atendimento aos métodos descritos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e no máximo em 24 horas após a coleta, exceto Na⁺ para a qual congelou-se uma alíquota para posterior realização do procedimento.

Tabela 2 - Variáveis, metodologias e equipamentos utilizados nas análises de água

Table 2 – Variables, methodologies and equipments used for water analysis.

Variável	Método	Equipamento
pH	Potenciométrico	pHmetro
Condutividade elétrica	Eletrodo de platina	Condutímetro DM31
Na ⁺	Fotometria de chama	Fotômetro Analyser 910
Ca ²⁺	Titulação	Bureta, pipeta e erlenmeyer
Mg ²⁺	Titulação	Bureta, pipeta e erlenmeyer
Cl ⁻	Titulação	Bureta, pipeta e erlenmeyer
HCO ₃ ⁻	Titulação	Bureta, pipeta e erlenmeyer

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS) foi calculada com base na Equação 1 (RICHARDS, 1954):

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

Onde:

RAS – Razão de Adsorção de Sódio;

Na⁺ – concentração de sódio em meq L⁻¹;

Ca²⁺ – concentração de cálcio em meq L⁻¹;

Mg²⁺ – concentração de magnésio em meq L⁻¹.

Os dados absolutos foram organizados em planilhas eletrônicas para o cálculo da média ou mediana dos períodos seco e úmido, definido conforme o teste de normalidade Shapiro-Wilk a 5% de significância, apresentado junto aos valores de mínimo e máximo para permitir uma visão geral dos dados obtidos. Bem como possibilitar a comparação com os parâmetros estabelecidos por Ayers e Westcot (1985) (Anexo I) para verificação do grau de restrição ao uso, relacionado a salinização, toxicidade e alteração da capacidade de infiltração do solo. A análise estatística foi realizada no ambiente R, versão 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015), por meio do pacote "base".

O diagrama de Piper foi utilizado para melhor visualização da composição química das águas. A classificação das águas para o uso na irrigação foi feita com base no diagrama adotado pelo United States Salinity Laboratory (USSL) (RICHARDS, 1954).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade das águas superficiais e subterrâneas contidas na área de estudo apresentam, de forma geral, características satisfatórias para o uso na irrigação com pequenas restrições. Os resultados obtidos com as análises físicas e químicas são apresentados na Tabela 3 e demonstram que as principais restrições, do uso da água na irrigação, se devem a condutividade elétrica, pH e RAS.

Tabela 3 – Resultados de média ou mediana (M) conforme o teste de normalidade, mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) obtidos para as variáveis das águas superficiais e subterrâneas e o respectivo mês de ocorrência (mo), nas três áreas.

Table 3 – Average or median results (M) based on test for normality, minimum (Mín.) and maximum (Máx.) for surface water and groundwater variables and the respective occurrence month (mo), in the three areas.

(continua)

Variáveis	Fonte	Compartimento	Período úmido	
			M	Mín. - Máx.
pH	Juba	Superficial	7,26	5,31 (mar) - 8,12 (dez)
		Subterrânea	6,04	5,44 (abr) - 7,79 (mar)
	Sepotuba	Superficial	7,35	4,79 (jan) - 8,33 (dez)
		Subterrânea	7,42	5,39 (mar) - 10,49 (dez)
	Tarumã	Superficial	7,45	5,95 (out) - 8,20 (out)
		Subterrânea	7,71*	7,06 (abr) - 8,53 (set)
HCO ³⁻ (meq L ⁻¹)	Juba	Superficial	0,02	0,003 (out) - 0,03 (jan)
		Subterrânea	0,02	0,005 (maio) - 0,13 (set)
	Sepotuba	Superficial	0,01	0,005 (maio) - 0,06 (abr)
		Subterrânea	0,07	0,005 (maio) - 0,76 (abr)
	Tarumã	Superficial	0,02	0,01 (maio) - 0,10 (abr)
		Subterrânea	0,07	0,01 (out) - 0,90 (abr)
Cl ⁻ (meq L ⁻¹)	Juba	Superficial	0,03	0,01 (fev) - 0,09 (jan)
		Subterrânea	0,03	0,01 (jul) - 0,32 (nov)
	Sepotuba	Superficial	0,03	0,01 (maio) - 0,09 (set)
		Subterrânea	0,05	0,01 (fev) - 0,26 (jan)
	Tarumã	Superficial	0,03	0,01 (maio) - 0,09 (jan)
		Subterrânea	0,04	0,01 (maio) - 0,14 (jan)

Tabela 3 – Resultados de média ou mediana (M) conforme o teste de normalidade, mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) obtidos para as variáveis das águas superficiais e subterrâneas e o respectivo mês de ocorrência (mo), nas três áreas.

Table 3 – Average or median results (M) based on test for normality, minimum (Mín.) and maximum (Máx.) for surface water and groundwater variables and the respective occurrence month (mo), in the three areas.

(continua)

Variáveis	Fonte	Compartimento	Período úmido	
			M	Mín. - Máx.
Na ⁺ (meq L ⁻¹)	Juba	Superficial	0,02	0,001 (jan) - 0,33 (jul)
		Subterrânea	0,24	0,04 (mar) - 0,90 (maio)
	Sepotuba	Superficial	0,03	0,00 (mar) - 0,11 (ago)
		Subterrânea	1,22	0,01 (jan) - 2,50 (jun)
	Tarumã	Superficial	0,06	0,01 (fev) - 0,46 (ago)
		Subterrânea	1,55*	0,17 (mar) - 2,59 (jun)
Ca ²⁺ (meq L ⁻¹)	Juba	Superficial	0,02	0,00 (ago) - 0,12 (dez)
		Subterrânea	0,02	0,01 (out) - 0,56 (set)
	Sepotuba	Superficial	0,02	0,00 (ago) - 0,12 (dez)
		Subterrânea	0,03	0,00 (abr) - 0,24 (set)
	Tarumã	Superficial	0,02	0,00 (ago) - 0,08 (nov)
		Subterrânea	0,06	0,01 (ago) - 1,11 (dez)
Mg ²⁺ (meq L ⁻¹)	Juba	Superficial	0,01	0,00 (out) - 0,12 (nov)
		Subterrânea	0,03	0,00 (dez) - 0,28 (set)
	Sepotuba	Superficial	0,00	0,00 (dez) - 0,15 (nov)
		Subterrânea	0,02	0,00 (dez) - 0,24 (set)
	Tarumã	Superficial	0,01	0,00 (dez) - 0,21 (dez)
		Subterrânea	0,06	0,00 (jun) - 1,26 (dez)
RAS	Juba	Superficial	0,14	0,01 (jan) - 2,73 (jul)
		Subterrânea	1,14	0,36 (mar) - 4,42 (maio)
	Sepotuba	Superficial	0,18	0,003 (mar) - 1,04 (ago)
		Subterrânea	3,73	0,04 (jan) - 23,61 (jun)
	Tarumã	Superficial	0,40	0,08 (fev) - 3,17 (out)
		Subterrânea	4,54	1,34 (out) - 20,79 (jun)

Tabela 3 – Resultados de média ou mediana (M) conforme o teste de normalidade, mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) obtidos para as variáveis das águas superficiais e subterrâneas e o respectivo mês de ocorrência (mo), nas três áreas.

Table 3 – Average or median results (M) based on test for normality, minimum (Mín.) and maximum (Máx.) for surface water and groundwater variables and the respective occurrence month (mo), in the three areas.

(continua)

Variáveis	Fonte	Compartimento	Período úmido	
			M	Mín. - Máx.
CE (dS m ⁻¹)	Juba	Superficial	0,01	0,005 (set) - 0,03 (abr)
		Subterrânea	0,01	0,01 (jul) - 0,22 (mai)
	Sepotuba	Superficial	0,02	0,01 (ago) - 0,06 (mar)
		Subterrânea	0,40	0,02 (ago) - 0,55 (jul)
	Tarumã	Superficial	0,05*	0,01 (set) - 0,09 (set)
		Subterrânea	0,40	0,14 (mar) - 1,50 (out)

*Variáveis que apresentaram normalidade ($p > 0,05$)

Análise do pH

A amplitude de pH considerada adequada para uso da água na irrigação está entre 6,5 e 8,4. Valores de pH acima ou abaixo destes limites podem resultar em corrosão de equipamentos e ocasionar precipitação de alguns sais, o que interfere na relação água-solo-planta (CUNHA et al., 2014).

Os mananciais superficiais apresentaram pH abaixo de 6,5. No rio Sepotuba, o valor de 4,79 foi medido no primeiro ponto de coleta no mês de janeiro. No ribeirão Tarumã, a verificação de 5,95 do pH no mês de outubro refere-se ao ponto de coleta que representa as águas provenientes dos córregos Lambari e Russo, que drenam as águas precipitadas nas encostas da Serra de Tapirapuã. No rio Juba o pH de 5,31 foi observado no terceiro ponto de coleta, no mês de março. Como não houve repetição destes valores, abaixo da amplitude ideal, pode-se considerar eventos isolados e irrelevantes para este estudo.

À exceção das referidas medições isoladas, o pH dos mananciais superficiais contidos na área do AAC manteve-se dentro da amplitude considerada ideal. Donadio et al. (2005) avaliando as fontes superficiais na bacia do córrego Rico, localizada na região Nordeste do estado de São Paulo, observaram que as medições de pH não variam muito entre os períodos seco e úmido, corroborando com os dados obtidos.

O ribeirão Tarumã apresentou comportamento distinto em relação aos demais, o pH para o período úmido foi menor que no período seco. Comportamento semelhante foi detectado por Franco e Hernandez (2009), em quatro dos cinco pontos amostrados nas águas superficiais da microbacia do córrego do Coqueiro, situada na região noroeste do estado de São Paulo.

O pH dos poços rasos manteve-se, durante todo o período de medição, abaixo de 6,5. Nos poços profundos, o pH esteve dentro da amplitude considerada ideal, exceto em PS4 e PT4, ambos profundos, para os quais foram verificados, principalmente durante o período de seca, valores de pH acima do limite, 8,4. Oliveira e Maia (1998) constataram maiores valores de pH para poços na região da Chapada do Apodi, estado do Rio Grande do Norte, devido a presença de formações calcárias, o que pode explicar os valores obtidos destes poços, visto que há ocorrência deste tipo de formação na região do AAC.

O uso de sistemas de irrigação por gotejamento requer água com características específicas, o risco de entupimento é baixo para pH menor que 7,0, moderado entre 7,0 e 8,0 e severo acima de 8,0 (GOYAL et al., 2015). Neste sentido, a reavaliação dos valores de pH indicou a necessidade de atenção no uso desse tipo de sistema, uma vez que a maior parte dos pontos avaliados se encontra entre 7,0 e 8,0 e nos poços PS3, PS4, PT3 e PT4 valores acima de 8,0 foram recorrentes. Nestes pontos, o uso da água em irrigação por superfície ou aspersão pode viabilizar o desenvolvimento das atividades, uma vez que estes sistemas são menos exigentes.

Bicarbonato

O bicarbonato é um ânion com alta solubilidade em água. Assim, o elevado volume de água atravessando o solo e em contato com as rochas poderia garantir carreamento em maior quantidade deste ânion, fato que justificaria o aumento de sua concentração durante o período úmido (MEIRELES et al., 2010).

A concentração do ânion bicarbonato não é uma restrição para o uso das águas avaliadas na irrigação por superfície ($<1,5 \text{ meq L}^{-1}$). Entretanto, de acordo com Ayers e Westcot (1985), a presença de bicarbonato em água pode ser um problema, mesmo em pequenas concentrações, quando utilizada em sistemas de aspersão em condições de baixa umidade relativa do ar e alta taxa evaporativa, visto que ocorre a formação de um depósito de sais (camada branca) sobre as frutas ou folhas, influenciando esteticamente a apresentação do produto, o que pode interferir na

comercialização dos mesmos. A região em estudo, no período seco, apresenta baixa umidade relativa do ar e elevada evapotranspiração indicando a necessidade de atenção para este aspecto no cultivo de frutos e olerícolas.

Em elevadas concentrações, o bicarbonato tende a reagir com o cálcio e o magnésio precipitando-os na forma de carbonatos, o que resulta em um desbalanço nutricional e alterações na estrutura do solo, pois a concentração relativa de sódio aumenta e, conseqüentemente, ocorre maior dispersão de argilas no solo (ARRAES et al., 2009; MAIA et al., 2012), fato cuja perspectiva de ocorrência na área do AAC é pequena em decorrência das baixas concentrações verificadas.

Cloretos

O ânion cloreto não é facilmente adsorvido pelas partículas do solo, porém pela boa mobilidade é prontamente absorvido pelas plantas, transportado pelo fluxo de transpiração até as folhas, onde se acumula causando o efeito conhecido como clorose.

As plantas, em geral, absorvem quantidades excedentes de cloro, ou seja, acima de suas necessidades metabólicas. Ferreira et al., (2007), estudando a influência da salinidade na produção de milho, verificaram que o teor de cloro aumentou a partir de 120 dias após o plantio e houve redução da produção em função do aumento da salinidade.

As concentrações de cloretos, nas amostras avaliadas, indicaram que não há restrição ao uso destas águas em sistemas de irrigação por superfície ou por aspersão, uma vez que se mantiveram abaixo de 4,0 e 3,0 meq L⁻¹, respectivamente.

Embora as concentrações de cloretos e bicarbonato, individualmente, não tenham indicado restrição ao uso das águas do AAC para irrigação, deve-se destacar a importância de avaliar a relação entre o bicarbonato e o cloro. A concentração de Cl⁻ é diretamente proporcional à condutividade elétrica. Assim, quanto menor a condutividade elétrica, maior será a relação HCO₃⁻/Cl⁻ e, por consequência, o pH pode aumentar e resultar na diminuição da disponibilidade de alguns elementos no solo, ocasionando deficiência de nutrientes (MAIA et al., 2012)

Sódio

Conforme observado, houve um aumento da concentração de sódio do período úmido para o seco nas fontes superficiais e subterrâneas, em razão da intensa

evaporação que, por consequência, promove a sua concentração no meio (MEIRELES et al., 2010).

A quantidade de sódio presente no solo e ou na água pode causar toxicidade para alguns tipos de plantas quando absorvido. A aplicação de água na parte aérea, com elevadas concentrações de sódio, promove a absorção direta pelas folhas, podendo ser um problema para culturas sensíveis como os citros, por exemplo (BRITO e ANDRADE, 2010).

Em todas as avaliações, a maior concentração de sódio observada foi de 2,59 meq L⁻¹ em poço da área do ribeirão Tarumã, durante o período de seca. Entre os mananciais superficiais, cabe destacar que o maior valor foi verificado no ribeirão Tarumã, 0,46 meq L⁻¹, no período seco. Na caracterização da qualidade da água de três mananciais superficiais, na zona rural do Distrito Federal, Muniz et al., (2013), detectaram concentrações de sódio que variaram de 0,02 a 0,05 meq L⁻¹, semelhantes aos valores medidos para o rio Sepotuba. Figueiredo Junior et al (2013), avaliando a qualidade da água do Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí, detectaram concentrações de sódio semelhantes àsquelas verificadas no ribeirão Tarumã, validando os valores obtidos neste estudo.

A concentração de sódio de até 3,0 meq L⁻¹ na água de irrigação indica que pode ser utilizada sem risco de toxicidade, caracterizando as águas superficiais e subterrâneas da área do AAC como próprias para o uso na irrigação.

Cálcio e Magnésio

A presença de cálcio e magnésio, principalmente em águas subterrâneas, deve-se à dissolução de rochas e por apresentarem comportamento químico semelhante são discutidos em conjunto.

De acordo com Ayers e Westcot (1985), o cálcio e o magnésio ocorrem nas águas de irrigação em concentrações de 0-20 e 0-5 meq L⁻¹, respectivamente, e podem ser utilizadas sem restrições. Como a maior concentração medida para cálcio e magnésio não excedeu 1,1 meq L⁻¹, pode-se afirmar que as águas coletadas na área de estudo estão adequadas para o uso em 100%. Moura et al., (2011), detectaram, ao avaliar a água da microbacia do córrego do Cinturão Verde, município de Ilha Solteira, estado de São Paulo, que o cálcio se manteve dentro do parâmetro recomendado em 100% das amostras, corroborando com este estudo, enquanto a concentração de magnésio excedeu 5 meq L⁻¹ em dois dos três pontos avaliados,

representando risco de redução da eficiência dos sistemas de irrigação em decorrência da precipitação do magnésio, fato que não ocorreria no AAC, uma vez que a concentração de magnésio verificada é muito baixa.

A capacidade de infiltração de águas de chuva ou aplicadas por sistemas de irrigação está relacionada à concentração de cálcio e magnésio em relação à de sódio, que é expressa pela RAS discutida a seguir.

RAS

Embora a concentração de sódio detectada nas águas da área do AAC não seja suficiente para causar problemas de toxicidade, a sua relação com as concentrações de cálcio e magnésio indicam severo risco de toxicidade por sódio. Nos poços das áreas do rio Sepotuba e do ribeirão Tarumã a RAS atingiu 23,61 e 20,79, respectivamente, durante o período seco.

Altas concentrações de sódio, em relação às de cálcio e magnésio, favorecem a ocorrência de alterações na estrutura do solo influenciando a sua capacidade de infiltração. O sódio é um agente dispersante que contribui para a desagregação das partículas do solo que, por sua vez, podem obstruir os poros, dificultando a passagem da água. Assim as altas concentrações de sais aliadas à baixa RAS podem conferir uma restrição severa ao uso de determinada fonte de água (OLIVEIRA, R. et al., 2000).

Todas as amostras coletadas nos mananciais superficiais indicaram severo grau de restrição ao uso com vistas a infiltração do solo. A RAS das águas superficiais foi menor que das águas subterrâneas, exceto no rio Juba, no qual em ambos os períodos o rio superou os poços. Neste manancial, a concentração de sódio aumentou e de cálcio diminuiu, enquanto a de magnésio se manteve constante do período úmido ao seco, em condições de baixa condutividade elétrica, o que resultou no aumento da RAS. Nos poços, as concentrações de cálcio e magnésio aumentaram e a de sódio manteve-se constante, promovendo a redução da RAS.

Entre os poços observou-se uma variação grande quanto a este fator. Nas águas subterrâneas, houve o predomínio do grau de restrição severo em ambos os períodos, principalmente nos poços rasos. Os poços PS2, PS3, PT3 e PT5 mantiveram moderada restrição enquanto os poços PT2 e PJ2 apresentaram severo risco em relação a capacidade de infiltração em todas as medições.

As fontes que apresentaram severo risco à capacidade de infiltração do solo devem ser utilizadas em sistemas de irrigação que não utilizem grandes volumes de água, para evitar o selamento das camadas mais superficiais e, por consequência, o acúmulo de água na superfície do solo, erosão laminar, entre outros.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica das águas subterrâneas foi maior quando comparada às superficiais. Observando as fontes superficiais verifica-se que não há grau de restrição ao uso de suas águas com vistas à salinidade do solo ($CE < 0,7 \text{ dS m}^{-1}$). Porém, deve-se atentar para o poço PT3, cuja condutividade elétrica manteve-se acima de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ a partir da qual Zocoler et al. (2015) observaram entupimento parcial em tubos gotejadores, fato que não inviabiliza o uso, mas indica a necessidade de atenção quando do seu emprego e uma potencial redução da vida útil dos equipamentos.

Além da salinização do solo, o uso de águas com CE altas podem interferir negativamente no desenvolvimento de diversas culturas, uma vez que a presença dos sais na matriz do solo altera o equilíbrio osmótico, influenciando na absorção destes (NOBRE et al., 2014; OLIVEIRA, F. et al., 2014; SILVA, et al., 2014). Neste sentido, os baixos valores de condutividade elétrica verificados nos mananciais da área do AAC, tanto superficiais quanto subterrâneos, indicam que não há risco de salinização do solo em ambos os períodos.

Na Tabela 4 algumas culturas são relacionadas quanto à sua tolerância a salinidade, sendo que acima de 10 dS m^{-1} , a água é considerada inadequada.

Tabela 4 – Culturas e tolerância à salinidade

Table 4 – Crops and salt tolerance

	Sensíveis ($<1,3 \text{ dS m}^{-1}$)	Moderadamente sensíveis ($1,3 - 3,0 \text{ S m}^{-1}$)	Moderadamente tolerantes ($3,0 - 6,0 \text{ dS m}^{-1}$)	Tolerantes ($6,0 - 10,0 \text{ dS m}^{-1}$)
Fibra, semente e culturas açucareiras		Cana-de-açúcar Fava Mamona Milho	Sorgo Triticale Trigo	Algodão Beterraba
Hortícolas	Feijão Cenoura Cebola	Brócolis Repolho Couve-flor Alface Pimentão Abóbora Espinafre Batata doce	Beterraba Abobrinha	Aspargos
Fruteiras	Limão Manga Laranja Maracujá Pêssego Tangerina	Uva	Figo Mamão Abacaxi Romã	Tâmara

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcot (1985).

Durante as visitas à área do AAC foi possível constatar o cultivo de milho, feijão, cenoura, alface pimentão, abóbora, batata doce, abobrinha, limão, manga, laranja, maracujá, abacaxi, entre outras, em sua maioria conduzidos sem o uso de sistemas de irrigação. A avaliação da qualidade da água é o primeiro passo para a escolha e posterior implantação de sistemas de irrigação, fato que motivou a realização deste estudo.

Diagrama de Piper

Na Figura 2 apresenta-se o diagrama de Piper para as águas superficiais e subterrâneas, nos períodos úmido e seco, permitindo visualizar a melhor composição química. As águas sódicas prevaleceram no agrupamento em relação aos cátions, com 97%, e mistas, com 3%. Entre os ânions, observa-se o predomínio de águas cloretadas (62 %) em relação às bicarbonatadas (38 %). A combinação de cátions e ânions resulta em 59% de águas sódicas cloretadas, 38% sódicas bicarbonatadas e 3% de cloretadas mistas.

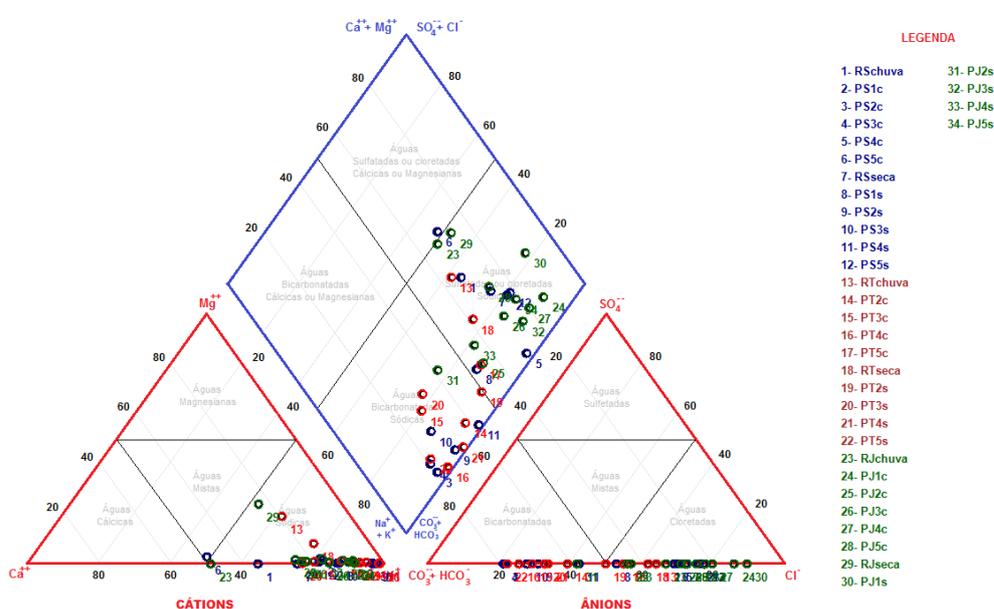


Figura 2 - Diagrama de Piper para águas superficiais e subterrâneas na área do Assentamento Antônio Conselheiro, nos períodos úmido e seco.

Figure 2 – Piper diagram for surface water and groundwater in Assentamento Antônio Conselheiro area, in wet na dry periods.

Observando no diagrama de Piper a relação entre aos períodos úmido e seco nota-se que houve poucas alterações na composição química das águas dos rios e dos poços. O ribeirão Tarumã foi o único manancial superficial cuja alteração de composição refletiu na alteração de classe. Entre os poços destacam-se o PS5, que é raso e, por isso, mais susceptível a alterações em função do regime pluviométrico, e o PJ2, único poço tubular da área do Juba. A composição de cada área individualizada pode ser vista no Apêndice 1.

O uso do diagrama de Piper em estudos de qualidade da água (ALY et al., 2013; KUMAR, 2013; REGINATO et al., 2013) demonstra sua importância na interpretação dos resultados, principalmente para amostras de grande número entre as quais pode-se verificar disparidades e similaridades (DAUDA e HABIB, 2015).

Diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL)

O diagrama do USSL, apresentado na Figura 3, para classificação das águas superficiais e subterrâneas da área do AAC com vistas aos riscos de sodicidade e salinização evidenciam que a maior parte dos pontos estudados possuem nenhum, baixo ou médio risco de sodicidade ou de salinização.

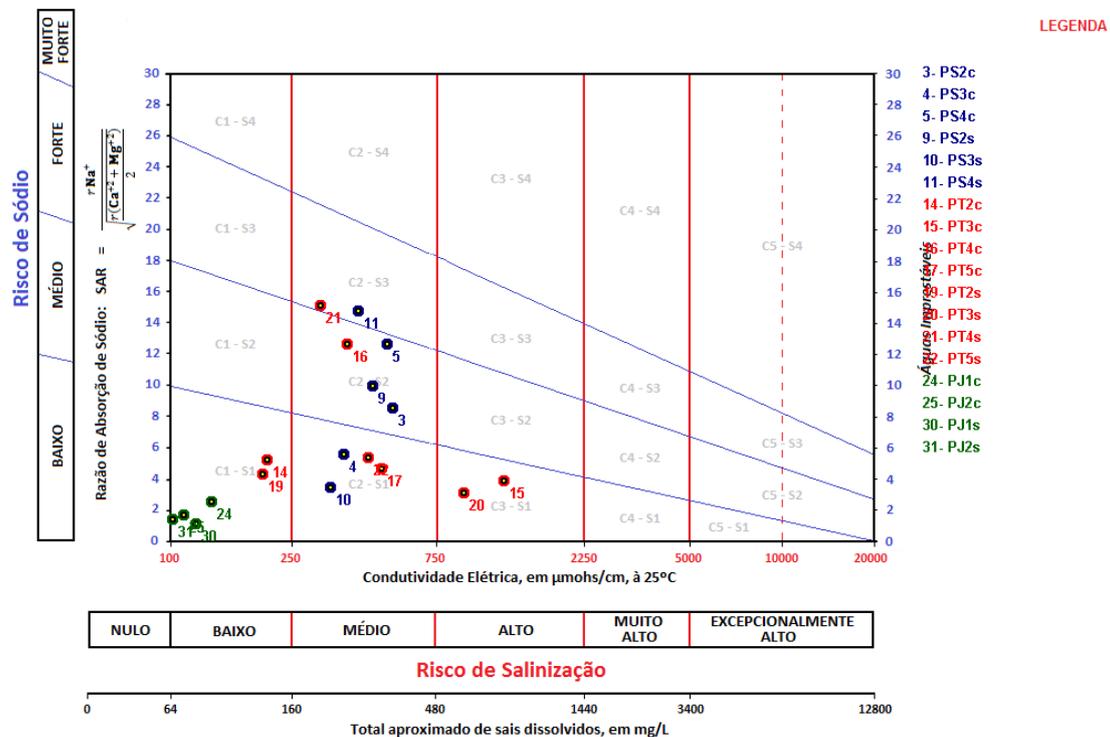


Figura 3 - Diagrama do USSL para classificação das águas superficiais e subterrâneas da área do Assentamento Antônio Conselheiro quanto ao risco de sodicidade e de salinização.

Figure 3 – USSL diagram for surface water and groundwater classification in Assentamento Antônio Conselheiro area about the sodium and salinity hazard.

* $[\mu\text{mohs cm}^{-1}] = 1000 \times [\text{dS m}^{-1}]$

As águas superficiais dos três mananciais superficiais assim como as águas subterrâneas dos poços PS1, PS5, PJ3, PJ4 e PJ5 foram classificadas como C0-S1 por não apresentarem risco de salinização, tanto no período úmido quanto seco, uma

vez que a condutividade elétrica destes foi menor que $100 \mu\text{mohs cm}^{-1}$. É importante ressaltar que estes poços têm em comum o fato de serem do tipo raso.

Os poços PJ1 e PJ2 mantiveram-se na classe C1-S1, em ambos os períodos.

Em relação aos poços profundos PS2 (C2-S2), PS3 (C2-S1) e PS4 (C2-S2), as mesmas classificações observadas no período úmido permaneceram no seco à exceção do poço PS4 que passou para S3, em decorrência da elevação da temperatura e menor volume de recarga do aquífero.

A classificação do poço PT2 manteve-se em C1-S1. Entre os períodos úmido e seco os poços PT3 e PT4 não apresentaram alteração de sua classificação. No entanto, o poço PT3 oferece risco médio de sodicidade e salinização (C3-S2) e o poço PT4 médio risco de sodicidade e alto de salinização (C2-S2).

Na Tabela 5 estão resumidas as classes identificadas no diagrama do USSL por frequência de ocorrência, na qual é possível observar o predomínio de águas de boa ou excelente qualidade para o uso na irrigação.

Tabela 5 - Resumo da classificação das águas superficiais e subterrâneas da área do Assentamento Antônio Conselheiro com base na proposta pelo USSL (RICHARDS, 1954).

Table 5 – Summary of surface water and groundwater classification in Assentamento Antônio Conselheiro area based on USSL proposal (RICHARDS, 1954).

Classes	Risco		Qualidade da água	Frequência %
	Salinidade	Sodicidade		
C0 - S1	Nulo	Baixo	Excelente	47,0
C1 - S1	Baixo	Baixo	Excelente	17,6
C2 - S1	Médio	Baixo	Boa	11,8
C2 - S2	Médio	Médio	Boa	11,8
C2 - S3	Médio	Alto	Ruim	5,9
C3 – S1	Alto	Médio	Regular	5,9

É importante destacar que 88,2% das amostras foram classificadas como excelentes ou boas, o que demonstra o grande potencial de uso das águas na área do AAC para irrigação, com base na classificação proposta por Richards (1954). Em contrapartida, em 11,8% dos pontos de coleta a qualidade da água foi regular ou ruim em função do alto risco de salinidade ou sodicidade.

A partir de dados emitidos nos boletins de análises de água do Laboratório de Análises de Água e Solo (LAAFS) da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Morais et al., (1998) verificaram a qualidade da água para fins de irrigação no estado do Rio Grande do Norte e outras localidades da região Nordeste e constataram que 63,41% foram classificadas como péssima ou ruim, enquanto 36,59% foram consideradas boas ou excelentes. O estudo realizado na bacia sedimentar do rio do Peixe, localizado no estado da Paraíba, realizado por Galvão et al., (2008), indicou que as classes com maior frequência de ocorrência foram C3-S1 e C3-S2 enquanto na área do AAC verificou-se o predomínio de C0-S1 seguida por C1-S1. Tais diferenças podem estar associadas a fatores como a geologia local e o clima mais quente da região onde está inserida a bacia do rio do Peixe.

O grande percentual de águas de boa qualidade para irrigação na área do AAC é um diferencial em relação a outras regiões e indica que há potencial de instalação de projetos de irrigação sem maiores problemas. Na Tabela 6 encontra-se o resumo dos locais onde se verificou algum tipo de restrição ao uso da água e sua relação com os sistemas de irrigação.

Tabela 6 – Relação entre áreas, mananciais, fontes e tipos de sistemas de irrigação.

Table 6 – Relationship between areas, fountains, sources and irrigation methods.

(continua)

Área	Fonte	Período	Sistemas de irrigação		
			Superfície	Aspersão	Localizada
Juba	Superficial	Úmido	x		
		Seco	x		
	Subterrâneo	Úmido	x		x
		Seco	x		x
Sepotuba	Superficial	Úmido	x		
		Seco	x		
	Subterrâneo	Úmido	x	x	x
		Seco	x	x	x

Tabela 6 – Relação entre áreas, mananciais, fontes e tipos de sistemas de irrigação.

Table 6 – Relationship between areas, fountains, sources and irrigation methods.

(conclusão)

Área	Fonte	Período	Sistemas de irrigação		
			Superfície	Aspersão	Localizada
Tarumã	Superficial	Úmido	x		
		Seco	x		
	Subterrâneo	Úmido	x	x	x
		Seco	x	x	x

A alta taxa de aplicação requerida em sistemas de irrigação por superfície depende da capacidade de infiltração da água no solo, que apresentou grau de restrição moderado para as águas subterrâneas do Sepotuba e do Tarumã e severo para as demais, em ambos os períodos. O baixo pH das águas subterrâneas do Juba, tanto no período úmido quanto no seco, restringe o uso de sistemas de irrigação localizada. O risco de toxicidade por sódio nas águas subterrâneas do Sepotuba e do Tarumã dificultam o uso dos sistemas de irrigação, o que pode ser viabilizado com a implantação de sistemas de filtração.

CONCLUSÕES

- Das oito variáveis avaliadas, três apresentaram algum tipo de restrição ao uso da água no AAC para irrigação quais sejam: condutividade elétrica, pH e RAS;
- A RAS indicou risco de toxicidade e de alteração da capacidade de infiltração do solo, na maioria dos pontos amostrados no AAC, para os quais deve-se optar por sistemas de irrigação que utilizem menor volume de água;
- As águas superficiais e subterrâneas da área do AAC são boas ou excelentes para o uso na irrigação em 88,2 % dos casos;
- Os sistemas de irrigação por aspersão e localizada são os mais indicados para a área do AAC, sendo que a irrigação por superfície deve ser evitada;
- A variabilidade dos resultados, obtidos para a área do AAC, evidencia a necessidade de avaliação da qualidade da água antes da implantação de qualquer sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALY, A.; ALOMRAN, A.; ALWABEL, M.; ALMAHAINI, A.; ALAMARI, M. Hydrochemical and quality of water resources in Saudi Arabia groundwater: a comparative study of Riyadh and Al-Ahsa regions. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, v. 3, n. 1, p. 42-51, 2013.

APHA - American Public Health Association; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation - WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st Ed. Washington, DC, 2005.

ARAÚJO, L. F.; LIMA, R. E. M.; COSTA, L. O.; SILVEIRA, E. M. C.; BEZERRA, M. A. Alocação de íons e crescimento de plantas de cajueiro anão-precoce irrigadas com água salina no campo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, (suplemento), p. 534-538, 2014.

ARRAES, F. D. D.; ANDRADE, E. M. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; FROTA JUNIOR, J. I.; SANTOS, J. C. N. Identificação dos íons determinantes da condutividade elétrica nas águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 346-355, jul./set. 2009.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *Water quality for Agriculture*. Irrigation and Drainage Paper, n.29, Rev. 1. Rome: FAO, 1985. ISBN 92-5-102263-1. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCRReP/003/T0234e/T0234e00.htm>>. Acesso em: 20 maio 2015.

BAZINET, N. L.; GILBERT, B. M.; WALLACE, A. M. A comparison of urbanization effects on stream benthic macro invertebrates and water chemistry in an urban and an urbanizing basin in Southern Ontario, Canada. *Water Quality Research Journal of Canada*, v. 45, n. 3, p. 327-341, 2010.

BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C. L. T. Qualidade da água na agricultura e no ambiente. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 31, n. 259, p. 50-57, nov./dez., 2010.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C., BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E. R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 708-713, 2014.

CUNHA, C. S. M.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. N.; ESCOBAR, M. E. O.; MAGALHÃES, D. R.; ANJOS, D. C. Relação entre solos afetados por sais e concentração de metais pesados em quatro perímetros irrigados no Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, (suplemento), p. 580-585, 2014.

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*, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

DAUDA, M.; HABIB, G. A.; Graphical techniques of presentation of hydro-chemical data. *Journal of Environment and Earth Science*, v. 5, n. 4, p. 66-75, 2015.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, B. L. M.; SILVA, J. C. A.; SILVA, E. C. Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 10-18, 2014.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.; LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. *Águas Subterrâneas*, v. 19, n.1, p. 25-34, 2005.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, CE, v. 38, n. 1, p.7-16, 2007.

FIGUEIREDO JUNIOR, L. G. M.; FERREIRA, J. R.; FERNANDES, C. N. V.; ANDRADE, A. C.; AZEVEDO, B. M.; ROCHA, K. Avaliação da qualidade da água no Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI. *Revista Brasileira da Agricultura Irrigada*, v. 7, n. 3, p. 213-233, 2013.

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 e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FROTA JUNIOR, J. I.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; BEZERRA, A. M.; SOUZA, B. F. S. Influência antrópica na adição de sais no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 142-148, 2007.

GADANAKIS, Y.; BENNETT, R.; PARK, J.; AREAL, F. J. Improving productivity and water use efficiency: a case study of farms in England. *Agricultural Water Management*, v. 160, p. 22-32, 2015.

GALVÃO, M. J. T. G.; ROCHA, D. E. G. A.; AMARAL, C. A.; COSTA FILHO, W. D. Hidrogeologia da bacia sedimentar do rio do Peixe – PB. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

GOYAL, M. R.; CHAVAN, V. K.; TRIPATHI, V. K. (Ed.). *Principles and management of clogging in micro irrigation*. Canadá: Apple Academic Press, 2015. 296p.

- KADYAMPAKENI, D. M.; MLOZA-BANDA, H. R.; SINGA, D. D.; MANGISONI, J. H.; FERGUSON, A.; SNAPP, S. Agronomic and sócio-economic analysis of water management techniques for dry season cultivation of common bean in Malawi. *Irrigation Science*, v. 31, p. 537-544, 2013.
- KUMAR, P. J. S. Interpretation of groundwater chemistry using piper and chadha's diagrams: a comparative study from perambalur taluk. *Elixir Geoscience*, n. 54, p. 12.208-12.211, 2013.
- LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, v. 146, p. 84-94, 2014.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A.; LOURENÇO, G. S.; SILVA, S. S. Aspectos de crescimento e produção da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 615-622, 2014.
- MAIA, C. E.; RODRIGUES, K. K. L.; LACERDA, V. S. Relação entre bicarbonato e cloreto em águas para fins de irrigação. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 206-219, 2012.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. *Irrigação: princípios e métodos*. 3ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.
- MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FRISCHKORN, H.; CRISOSTOMO, L. A. A new proposal of the classification of irrigation water. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 349-357, jul./set., 2010.
- MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró – RN. *Caatinga*, Mossoró – RN, v. 11, n. 1/2, p. 75-83, dez. 1998.
- MOURA, R. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do Cinturão Verde, Município de Ilha Solteira. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 5, n. 1, p. 68-74, 2011.
- MUNIZ, D. H. F.; SIMPLÍCIO, N. C. S.; ROCHA, F. R. M.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Caracterização da qualidade da água superficial de três corpos hídricos rurais do Distrito Federal. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves – RS. *Anais... Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos*, 2013, p. 1-8.
- NOBRE, R. G.; SOUSA, W. B.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Sources and doses of nitrogen in the production of sunflower plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, (suplemento), p. 559-565, 2014.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 480-486, 2014.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, p. 17-21, 1998.

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2000.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Comunicado Técnico: Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande – PB, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S.; SCHNEIDER, V. E. Caracterização hidroquímica do sistema aquífero Serra Geral na região nordeste do Rio Grande do Sul. *Águas Subterrâneas*, v. 27, n. 1, p. 65-78, 2013.

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Agricultural Handbook, 60).

SEID, M.; GENANEW, T. Evaluation of soil and water salinity for irrigation in North-eastern Ethiopia: case study of Fursa small scale irrigation system in Awash Riber Basin. *African Journal of Environmental Science and Technology*, v. 7, n. 5, p. 167-174, maio 2013.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 18, (suplemento), p. 566-572, 2014.

ZOCOLER, J. L.; RIBEIRO, P. H. P.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água salina. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 234-247, 2015.

ZUFFO, C. E.; ABREU, F. A. M.; CAVALCANTE, I. N.; NASCIMENTO, G. F. Águas subterrâneas em Rondônia: análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 30, n. 1-2, jan./dez. 2009.

Agrotóxicos em mananciais superficiais no Assentamento Antônio Conselheiro, estado de Mato Grosso.

[Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais]

Resumo

A contaminação da água utilizada para o consumo humano por agrotóxicos é preocupante e tem sido verificada em diversos estudos. Neste sentido, objetivou-se avaliar a presença de um fungicida (prothioconazol) e um herbicida (2,4-D) na água dos principais mananciais superficiais disponíveis no Assentamento Antônio Conselheiro (AAC), localizado no estado de Mato Grosso. As coletas foram realizadas no dia 5 de maio de 2015 em um ponto na entrada e outro na saída do AAC em cada manancial. As amostras de água foram analisadas por cromatografia líquida (HPLC) em laboratório credenciado. Os valores obtidos ($<0,001 \mu\text{g L}^{-1}$) encontram-se abaixo do máximo permitido na legislação, em todos os pontos de coleta, e indicam que, caso exista contaminação, a concentração de 2,4-D e prothioconazol é muito baixa e, por isso, não representa risco à saúde dos usuários da água dos rios Juba e Sepotuba e do ribeirão Tarumã. Tais resultados são importantes, pois os moradores do AAC fazem uso da água desses mananciais para os mais diversos fins, inclusive para o consumo humano e dessedentação de animais. Além disso, a pesca para complementação da alimentação é uma prática comum na região e pode ser comprometida em decorrência de contaminação da água por agroquímicos.

Palavras-chave: Contaminação Hídrica; Agroquímico; Desenvolvimento Social; Agricultura Familiar; Qualidade Ambiental.

Abstract

Contamination of water used for human consumption by pesticides is worrying and it has been reported in several studies. In this sense, the objective of this study was to evaluate the presence of a fungicide (prothioconazole) and a herbicide (2,4-D) in the water of the main surface water sources available in Assentamento Antônio Conselheiro (AAC), located in the state of Mato Grosso. Samples were collected on 5 May 2015 at one spot at the entrance and another at the exit of ACC in each water source. The water samples were analyzed by liquid chromatography (HPLC) in an accredited laboratory. The values obtained ($<0.001 \mu\text{g L}^{-1}$) are below the maximum allowed by legislation in all collection spots and indicate that if there is contamination, the concentration of 2,4-D and prothioconazole is very low and, it may not pose health risk to users of water from the rivers Juba and Sepotuba and Tarumã. These results are important because the residents of AAC use the water from these sources for various purposes, including for human consumption and watering livestock. Moreover, fishing for supplementary feeding is a common practice in the region and may be compromised due to water contamination by agrochemicals.

Keywords: Water contamination; Agrochemical; Social development; Family farming, Environmental quality.

INTRODUÇÃO

De toda a água doce disponível em mananciais superficiais no planeta, 12% está localizada em território brasileiro (BRASIL, 2010). Apesar da grande disponibilidade relativa, o Brasil enfrenta situações de escassez em algumas regiões devido ao déficit hídrico e em outras em decorrência da má qualidade. A qualidade da água, fator decisivo para sua utilização, é fundamental para a sua classificação, por exemplo, permitindo a aplicação da água imprópria para consumo humano para atividades menos exigentes, como a agricultura.

A qualidade da água está intimamente relacionada com aspectos naturais, como características do solo e vegetação, e decorrentes das atividades antrópicas, como despejos de esgotos domésticos e industriais, uso de fertilizantes e agroquímicos na agricultura, dentre outras. O uso de produtos químicos para controle de pragas integra o pacote tecnológico da produção agrícola e faz do Brasil o maior consumidor mundial de agroquímicos (BRASIL, 2015), estando o estado de Mato Grosso na liderança do ranking nacional.

A utilização em larga escala de agrotóxicos promove o seu transporte para o lençol freático ou diretamente para os cursos d'água alterando os padrões de qualidade. A presença de compostos químicos em concentrações acima do permitido pode causar intoxicação e doenças ou impedir o uso da água em atividades específicas, como, por exemplo, o abastecimento para consumo humano.

A contaminação da água por agrotóxicos foi objeto de estudo em diversas localidades, como Lucas do Rio Verde e Campo Verde, Mato Grosso (DORES; DELAMONICA-FREIRE, 2001; MOREIRA et al., 2012), Nova Friburgo, Rio de Janeiro (MOREIRA et al., 2002; GASPARINI; FREITAS, 2013), Rondinha, Rio Grande do Sul (GRIZA et al., 2008), e outras. Embora estes estudos tenham sido realizados em localidades distintas observa-se que em todos os locais, onde foi detectada a presença de um agrotóxico, houve a ocorrência de vários, uma vez que o combate a pragas e doenças demanda o uso de uma variedade de produtos. Neste sentido, observa-se que a quantificação de agrotóxicos chave pode indicar a contaminação por outros, orientando estudos mais abrangentes.

A preocupação quanto à contaminação em decorrência do uso de agrotóxicos é maior quando a água é utilizada para o consumo humano. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece limites para a presença de agrotóxicos na água com base

em estudos epidemiológicos e toxicológicos, sendo que para o 2,4-D a concentração máxima permitida é de $30 \mu\text{g L}^{-1}$ (OMS, 2011). A Environmental Protection Agency (EPA), agência norte-americana responsável pela proteção da saúde humana e do ambiente, estabelece a concentração de $70 \mu\text{g L}^{-1}$ como limite máximo para o 2,4-D (EPA, 2014). O Health Canada, departamento do governo federal responsável por auxiliar os canadenses a manter e melhorar a sua saúde, indica que a concentração máxima aceitável para o 2,4-D em água para consumo é de $100 \mu\text{g L}^{-1}$ (HC, 2009). A União Europeia adotou como padrão geral de qualidade da água para consumo humano o limite de até $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ para o conjunto de agrotóxicos encontrados e de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ individualmente (UE, 1998).

No Brasil, a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, indica $30 \mu\text{g L}^{-1}$ como valor máximo permitido para o 2,4-D. Segundo a Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), as águas doces enquadradas na classe I, que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, bem como para a irrigação de hortaliças, podem conter no máximo $4,0 \mu\text{g L}^{-1}$ de 2,4-D.

A escolha do protioconazol como alvo deste estudo foi feita com base na identificação de sua utilização em propriedades da região. Além disso, as normativas não apresentam valores de referência para a presença do protioconazol em água para consumo humano, com exceção da legislação da União Europeia que estabelece parâmetro único para todo e qualquer biocida encontrado na água. Soma-se a isto a escassez de relatos sobre estudos para verificação da presença deste ingrediente ativo na água e poucas informações acerca dos efeitos para a saúde humana e meio ambiente. O site da Universidade de Hertfordshire apresenta, em seu banco de dados sobre propriedades dos pesticidas, informações gerais sobre o protioconazol indicando a possibilidade de causar efeitos sobre o desenvolvimento e reprodução humana, ser possivelmente tóxico para fígado e rim e possível causador de sensibilidade na pele (PPDB, 2015).

Nas áreas de agricultura de grande porte as principais culturas são cana-de-açúcar, milho, soja e algodão, dentre as quais cita-se o uso do 2,4-D no combate a plantas invasoras e do protioconazol para o controle da ferrugem na cultura da soja. Na área do Assentamento Antônio Conselheiro (AAC) as principais atividades desenvolvidas são a criação de animais e a agricultura (culturas temporárias e

perenes diversificadas). Os assentados relatam o uso do 2,4-D em atividades de rotina como o manejo do pasto e a capina química. Entretanto, o uso indiscriminado de produtos químicos pode ter consequências danosas ao meio ambiente, como a contaminação de fontes de água. Em uma das visitas ao AAC observou-se a mortandade de peixes em tanques de criação que, segundo relato do proprietário, poderia estar associada ao uso de agrotóxicos na propriedade adjacente.

Além da agricultura e pecuária, os assentados fazem uso da água para o consumo e o seu tratamento é mínimo ou inexistente. Este fato demonstra a importância de estudos para avaliação da qualidade da água consumida pela população do assentamento, e também pelo fato da água do rio Sepotuba desaguar no rio Paraguai, principal manancial que forma o Pantanal. Ademais, não há registros na literatura de estudos desta natureza nestes mananciais.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a presença de um fungicida (protioconazol) e um herbicida (2,4-D) na água dos principais mananciais superficiais disponíveis no Assentamento Antônio Conselheiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado nos rios Sepotuba, Juba e no ribeirão Tarumã, os principais mananciais superficiais da área do AAC, localizada entre as coordenadas geográficas 14 e 15° S de latitude e 59 a 57° W de longitude e que abrange parte dos municípios de Tangará da Serra, Barra do Bugres e Nova Olímpia, no estado de Mato Grosso (Figura 1).

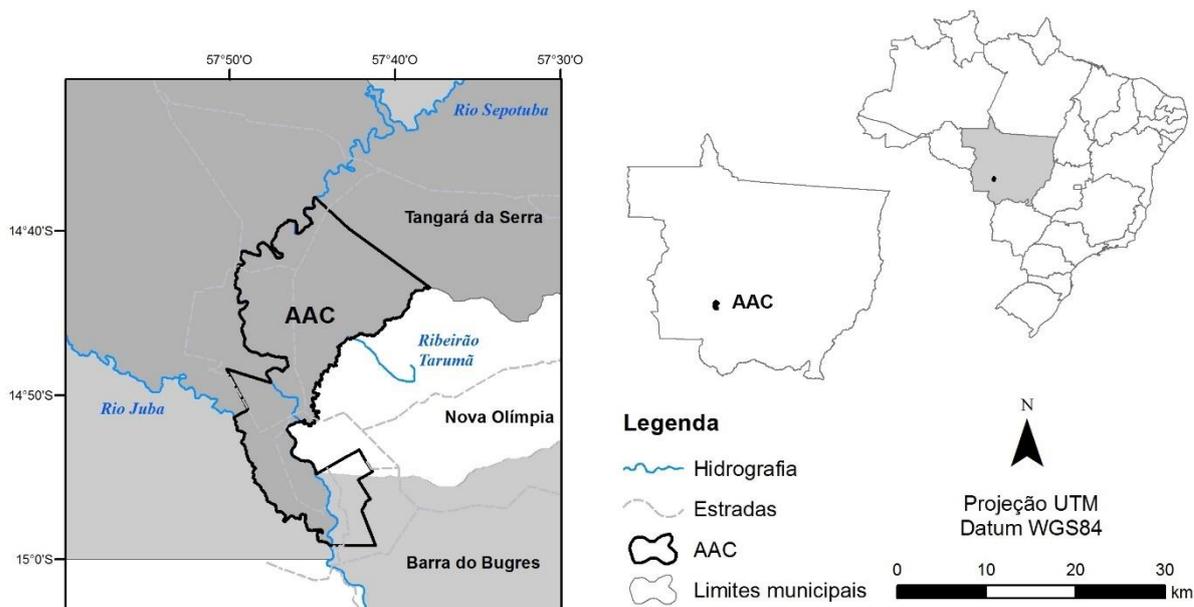


Figura 1 – Localização da área do Assentamento Antônio Conselheiro.

De acordo com IBGE (2004a), os mananciais fazem parte do bioma Amazônia, com vegetação predominante do tipo Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2004b). Esta área de bioma Amazônia se encontra circundada, quase que na totalidade, pelo bioma Cerrado, o que reforça as características de área de transição. Assim, os mananciais estudados encontram-se na área de influência dos biomas Amazônia e Cerrado. Ademais, o rio Juba e o ribeirão Tarumã são contribuintes do rio Sepotuba afluente do rio Paraguai, o principal curso de água que banha o Pantanal.

O clima da região é denominado Tropical Úmido Megatérmico (Awa), segundo a classificação de Köppen, caracterizado por ser chuvoso no verão e seco no inverno, com altas temperaturas. A região de Tangará da Serra apresenta temperatura média anual de 24 °C, precipitação de 1500 mm e umidade relativa do ar de 70 a 80% (DALLACORT et al., 2010).

Os solos da região são compostos por Latossolos Amarelos Distróficos, Neossolos Quartzarênicos Órticos e Flúvicos Distróficos, Argissolos Vermelhos Eutróficos e Vermelhos-Amarelos Distróficos e Cambissolos Háplicos Distróficos (IBGE, 2011), todos de boa drenagem.

Os mananciais e seu entorno

O rio Sepotuba nasce na encosta da Serra dos Parecis sendo a parte alta da bacia caracterizada por empreendimentos agrícolas, que fazem uso de tecnologias modernas, como a utilização de substâncias químicas para o controle de pragas e doenças. O AAC está localizado na porção média da bacia.

O rio Juba tem suas nascentes no alto da Serra dos Parecis região com intenso uso de tecnologias de produção na agricultura. Na parte média, os empreendimentos têm foco no reflorestamento de teca, produção de frutas e criação de animais em confinamento e unidades de geração de energia. O AAC está localizado no baixo rio Juba onde este deságua no rio Sepotuba.

O ribeirão Tarumã tem suas nascentes na Serra de Tapirapuã em áreas de grandes plantios de soja e cana-de-açúcar. A leste recebe as contribuições de áreas nas quais a criação de gado é a atividade predominante. A área do AAC pertencente à bacia do ribeirão Tarumã é caracterizada por relevo plano, solos rasos e pouco estruturados com afloramentos rochosos em diversos locais, o que restringe o desenvolvimento de algumas atividades. Assim, a exploração da pecuária é comum nestas áreas.

Coleta e análise de água

A determinação dos pontos de coletas foi feita com o auxílio de mapas e visitas ao local. Para verificar a contribuição das atividades agrícolas para a qualidade da água tomou-se um ponto de coleta antes da entrada e um na saída de cada manancial na área do AAC, conforme representado na Figura 2.

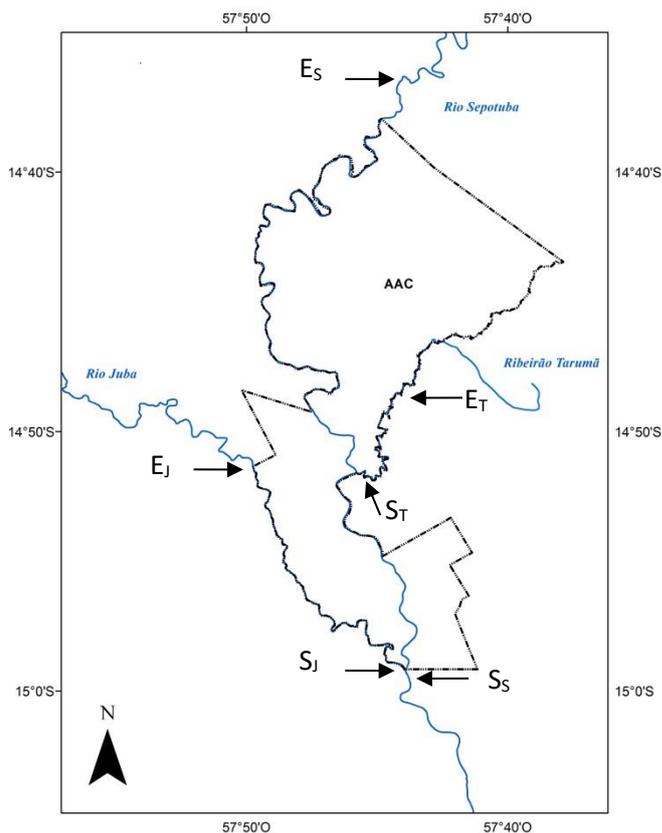


Figura 2 – Localização dos pontos de coleta na área do Assentamento Antônio Conselheiro.

As amostras de água foram coletadas em recipientes plásticos com capacidade para um litro e protegidos da incidência de luz. As coletas foram realizadas pela manhã, à margem do manancial e os recipientes foram acondicionados em caixas térmicas contendo gelo seco para preservar as amostras no transporte do campo ao laboratório.

As análises de determinação dos princípios ativos foram realizadas de acordo com *Standard for the Examination of Water and Wastewater* por laboratório credenciado e acreditado pelo INMETRO.

O custo das análises para detecção de princípios ativos de agrotóxicos em água é elevado, o que inviabilizou a realização de outros ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados negativos, considerando o limite mínimo de detecção do equipamento, para concentrações dos agrotóxicos não permitiram a utilização de

qualquer ferramenta estatística para tratamento dos dados. As concentrações medidas nas amostras encaminhadas ao laboratório estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentração de 2,4-D e protioconazol, nos três mananciais superficiais avaliados e limites estabelecidos em normativas.

Manancial	Ponto de coleta	Concentração de 2,4-D	Concentração de protioconazol
Rio Sepotuba	Entrada	<0,001	<0,001
	Saída	<0,001	<0,001
Rio Juba	Entrada	<0,001	<0,001
	Saída	<0,001	<0,001
Ribeirão Tarumã	Entrada	<0,001	<0,001
	Saída	<0,001	<0,001
Portaria MS nº 2.914		30	
Resolução nº 357 Conama		4	
União Europeia (UE)		0,1	0,1
Organização Mundial de Saúde (OMS)		30	
Environmental Protection Agency (EPA)		70	
Health Canada (HC)		100	

Valores em $\mu\text{g L}^{-1}$

Os resultados obtidos indicam que possivelmente as atividades agrícolas não estão impactando a qualidade da água dos mananciais avaliados. Como não foi identificada concentração de 2,4-D e protioconazol, considerando o limite de detecção do equipamento, caso haja contaminação a concentração é muito pequena e não pode ser detectada neste ensaio.

A nomenclatura 2,4-D é a forma simplificada da denominação do ácido diclorofenoxiacético disponível em formulações aminas (não voláteis) ou ésteres (voláteis), que são rapidamente hidrolisados para a forma de ácido livre na água, o que pode explicar a não detecção de 2,4-D nas amostras. De forma análoga, a presença de resíduos de 2,4-D não foi detectada em estudo realizado nas águas do córrego Espreado, local de recarga do aquífero Guarani (CERDEIRA et al., 2002).

Entretanto, a avaliação realizada na bacia do rio Itajaí em Santa Catarina verificou concentrações de até $74,4 \mu\text{g L}^{-1}$ de 2,4-D em águas superficiais,

ultrapassando os limites estabelecidos pela legislação brasileira (PINHEIRO et al., 2010). Assim, como identificado nas propriedades particulares do entorno e do AAC, o uso de 2,4-D é frequente e poderia ter sido detectado mesmo em quantidade muito inferior ao limite permitido, uma vez que o equipamento utilizado para a avaliação das amostras possui resolução ampla, o que pode ser explicado pela diferença nas condições ambientais.

A exposição de piava (*Leporinus obtusidens*) a 2,4-D na concentração de 1 ou 10 mg L⁻¹ indicou alterações na atividade da acetilcolinesterase no cérebro e músculos e alguns parâmetros metabólicos do sangue e tecidos (FONSECA et al., 2008). Nas orientações para qualidade de água para consumo a Organização Mundial de Saúde preconizava que a associação sugerida entre o 2,4-D e duas formas de câncer em humanos foi obtida em estudos inconclusivos (OMS, 2011). Contudo, em 2015 a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer, da OMS, emitiu nota reclassificando o 2,4-D como possivelmente carcinogênico para humanos com base na forte evidência de que induza ao estresse oxidativo e moderada evidência de que cause imunossupressão (IARC, 2015).

A legislação da União Europeia (UE, 1998) é uma das mais restritivas quanto à presença de agrotóxicos em água. O resultado das análises da água dos mananciais indicou que, dentro do intervalo de medição do equipamento, não foi detectada a presença dos agroquímicos, sendo que este é 100 vezes inferior ao limite estabelecido pela UE. Assim, se houver a presença destes agroquímicos na água dos mananciais avaliados é muito pequena e, possivelmente, não causaria problemas à saúde humana e ao meio ambiente.

Entretanto, muito pouco se sabe sobre os efeitos da exposição a baixas concentrações de agrotóxicos para a saúde humana e para o ambiente. Neste sentido, o uso dos agrotóxicos deve ser feito observando-se o princípio da precaução, segundo o qual ações antecipatórias são tomadas considerando os riscos para a saúde humana e meio ambiente. O uso de princípios ativos menos tóxicos pode ser uma alternativa para reduzir riscos ambientais, como proposto por Silveira e Antoniosi Filho (2013).

Nos rios Juba e Sepotuba, a coleta a montante foi tomada no ponto de chegada das águas à área do AAC e a jusante ao final. O objetivo desta distribuição dos pontos de coleta foi avaliar a influência das atividades no AAC e de seu entorno na qualidade da água. Os resultados obtidos indicam que os empreendimentos implantados nas

áreas mais altas dos rios Juba e Sepotuba e as atividades na área do AAC não contribuem para a contaminação de suas águas.

No ribeirão Tarumã a coleta a montante foi realizada próximo ao encontro de seu principal tributário à direita, que conjuga as águas dos córregos Lambari e Russo situados na área do AAC, ao córrego Tarumã, que percorre propriedades particulares no entorno da Serra de Tapirapuã, e a jusante foi tomada próximo ao seu encontro com o rio Sepotuba. Assim, os resultados indicam que as atividades desenvolvidas na parte alta, quando ainda é conhecido como córrego Tarumã, e de seus tributários Lambari e Russo não estão promovendo a contaminação da água.

O vazio sanitário para a cultura da soja no estado de Mato Grosso em 2015 teve início em primeiro de junho. Na data da coleta de água, o processo de colheita estava sendo finalizado. Assim, caso houvesse algum tipo de contaminação residual por protioconazol, poderia ter sido detectada na análise, o que não ocorreu.

Além disso, no dia anterior à coleta foi registrado o volume de 50 mm de chuva na região. A ocorrência de chuva em dias que antecedem coletas para este tipo de estudo pode favorecer a detecção de agrotóxicos em virtude do carreamento de partículas de solo promovido pelo escoamento superficial.

Na agricultura tecnificada, como verificado na parte alta dos mananciais em questão, faz-se o uso de uma grande variedade de agroquímicos. Em vários estudos foram encontrados diversos agrotóxicos, em inúmeras concentrações, o que pode ser um indicativo que os mananciais avaliados não estejam contaminados com outros agroquímicos.

Outro aspecto importante a se destacar é que a ausência de 2,4-D e protioconazol na água dos mananciais superficiais não implica, necessariamente, que as águas subterrâneas não estejam contaminadas. Neste sentido, a avaliação da qualidade das águas subterrâneas quanto à presença de agrotóxicos pode ser o foco de novos estudos na área do AAC.

Neste caso, o monitoramento da água superficial pode auxiliar na manutenção ambiental e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população que depende desses recursos, como a do AAC.

CONCLUSÃO

As atividades desenvolvidas no Assentamento Antônio Conselheiro e no seu entorno, provavelmente, não promovem a contaminação das águas superficiais, por 2,4-D e protioconazol, nos trechos avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ciência e Tecnologia. *Saiba mais sobre a água, consumo consciente e recursos hídricos no Brasil*. Portal Brasil, 17 set. 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/10/agua-e-consumo-consciente>>. Acesso em: 22 out. 2015.

_____. Lei nº 2,914, de 12 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, nº 239, p. 39-46.

_____. Ministério de Meio Ambiente. *Agrotóxicos*. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 22 out. 2015.

_____. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, nº 53, p. 58-63.

CERDEIRA, A. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; BONATO, P. S.; QUEIROZ, R. H. C.; LANCHOTE, V. L. Metodologia analítica de resíduo do herbicida 2,4-d (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) em amostras de água em área de cultivo de cana-de-açúcar. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 12, p. 99-110, jan./dez. 2002.

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*, São José dos Campos – SP, v. 25, n. 3, p.359-364, 2010.

DORES, E. F. G.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M.; Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso - Análise preliminar. *Química Nova*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

EPA. Environmental Protection Agency. *Drinking water contaminants*.2014. Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>>. Acesso em: 15 de out. 2015.

FONSECA, M. B., GLUSCZACK, L., MORAES, B. S., MENEZES, C. C., PRETTO, A., TIERNO, M. A., ZANELLA, R., GONÇALVES, F. F. LORO, V. L. The 2,4-D herbicide effects on acetylcholinesterase activity and metabolic parameters of piava freshwater (*Leporinus obtusidens*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 69, n. 3, mar. 2008, p. 416-420, 2008.

GASPARINI, M. F.; FREITAS, C. M. Trabalho rural, saúde e ambiente: as narrativas dos produtores de flor frente aos riscos socioambientais. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 23-44, jul.-set. 2013.

GRIZA, F. T.; ORTIZ, K. S.; GEREMIAS, D. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha - Rio Grande do Sul. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1631-1635, 2008.

HC. Health Canada. *2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid*. Environmental and Workplace Health, 2 jun. 2009. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/dichlorophenoxyacetic_acid/index-eng.php>. Acesso em: 22 out. 2015.

IARC. International Agency for Research on Cancer. OMS. *IARC Monographs evaluate DDT, lindane, and 2,4-D*. Press Release nº 236. Lyon, France, 2p., 23 jun. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Embrapa. Mapa de Solos do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: 2011.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação*. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: 3. ed., 2004a.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil*. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: 3. ed., 2004b.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; SARCINELLI, P. N.; BATISTA, D. F.; EGLER, M.; FARIA, M. V. C.; ARAÚJO, A. J.; KUBOTA, A. H.; SOARES, M. O.; ALVES, S. R.; MOURA, C. M.; CURI, R. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 7, n. p. 299-311, 2002.

MOREIRA, J.C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. C.; VIERA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, 2012.

OMS. Organização Mundial de Saúde. *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva: WHO Press, 4 ed., 2011.

PINHEIRO, A.; SILVA, M. R.; KRAISCH, R. Presença de pesticidas em águas superficiais e subterrâneas na bacia do Itajaí, SC. *Rega*, v. 7, n. 2, p. 17-26, jul./dez. 2010.

PPDB. Pesticide Properties Data Base. University of Hertfordshire. General information for prothioconazole, 13 jul. 2015. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/559.htm>>. Acesso em: 24 out. 2015.

SILVEIRA, A. V. T.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Proposta de alternativas menos tóxicas para ingredientes ativos de agrotóxicos no mercado brasileiro. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 23, p. 11-24, jan./dez. 2013.

UE. União Europeia. Diretiva 98/83/CE do Conselho, de 3 de novembro de 1998, relativa à qualidade da água para consumo humano. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L 330, 5 de Dezembro de 1998. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:pt:PDF>>. Acesso em: 15 out. 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

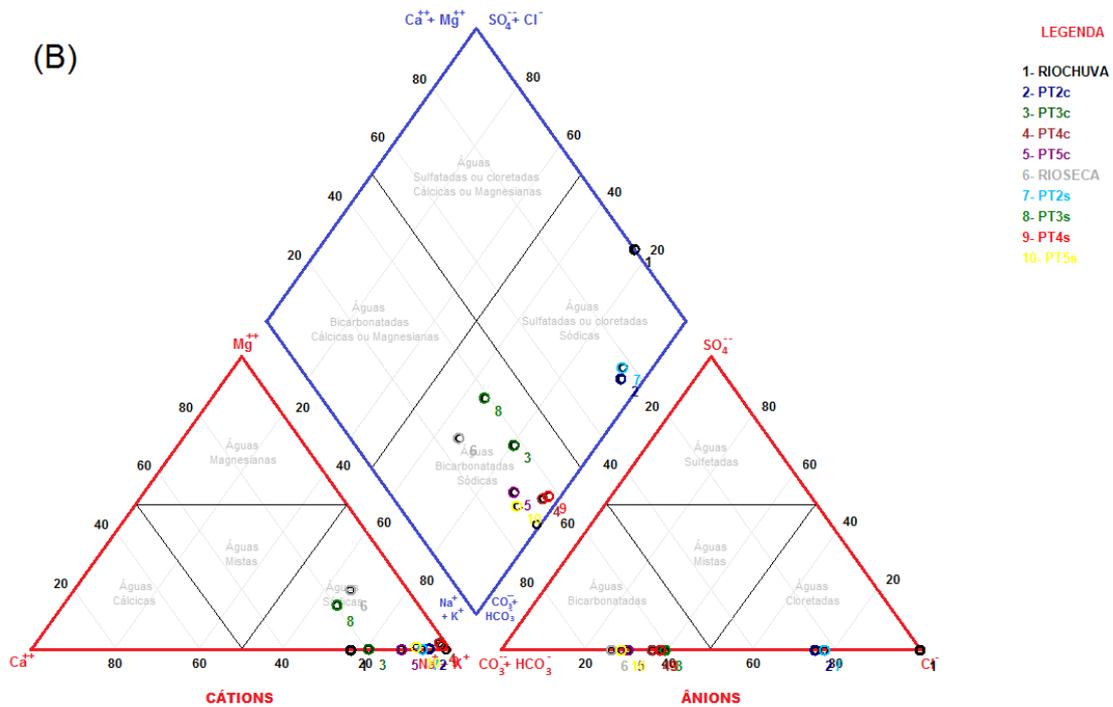
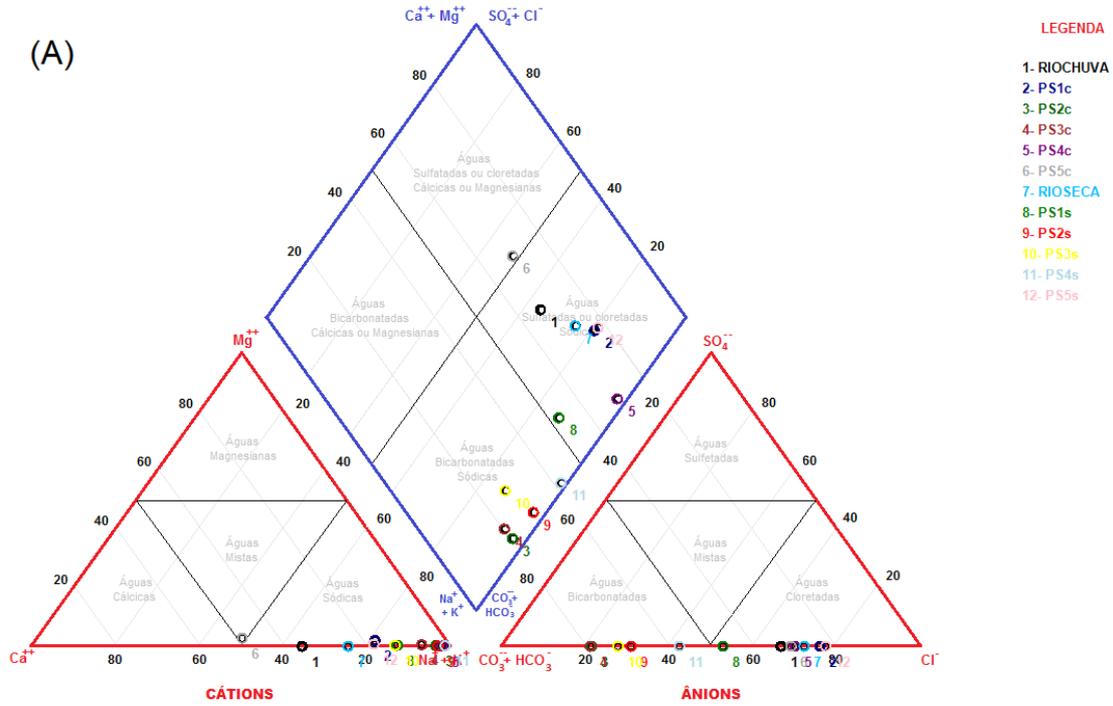
A criação do Assentamento Antônio Conselheiro acarretou mudanças no uso da terra, evidenciadas pelo aumento do ITA entre os anos 1995 e 2015. A expansão da área de pastagem e a inserção da agricultura promoveram alterações na vegetação natural, fato que pode, à longo prazo, causar impactos em outros compartimentos ambientais, como em fontes de água. Neste sentido, ações de conscientização são importantes para o uso adequado dos recursos naturais e minimização dos impactos negativos decorrentes das atividades agropecuárias.

A verificação da qualidade da água para o uso na irrigação demonstra que há potencial para o uso de sistemas de irrigação no AAC, contribuindo para a melhoria da produção agrícola e conseqüentemente, fomentar a criação de novos postos de trabalho e aumentar a renda do produtor rural.

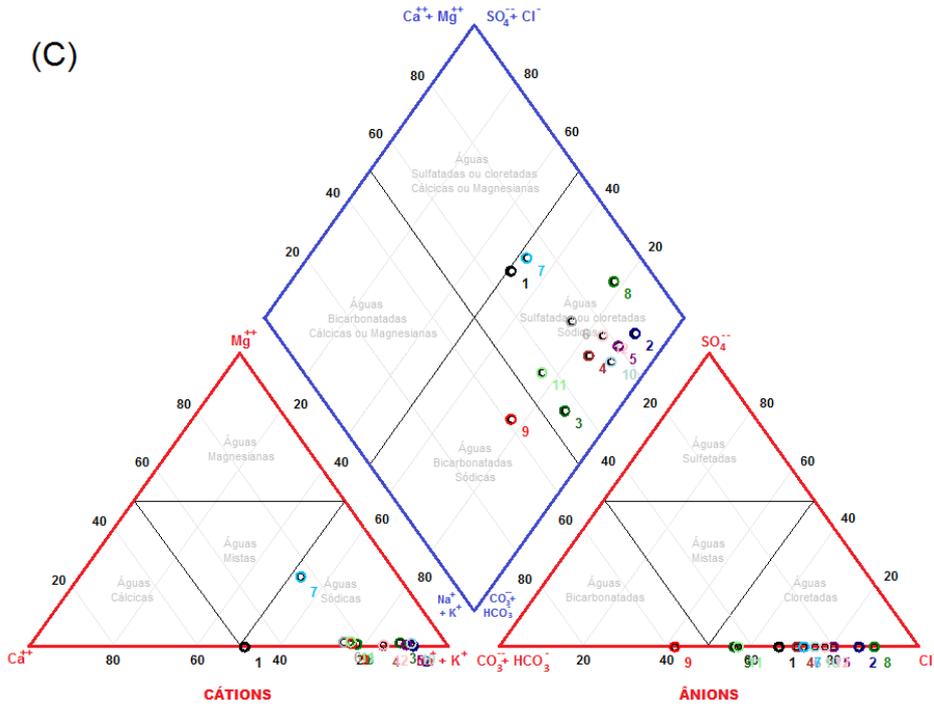
Embora a avaliação da qualidade da água indique que as ações antrópicas possivelmente não estejam afetando os mananciais superficiais e subterrâneos, a realização de novos estudos pode trazer benefícios para a comunidade do AAC e do entorno, visto que a continuidade do monitoramento possibilita o acompanhamento e a detecção de alterações que possam causar danos à qualidade da água.

APÊNDICE I

Diagrama de Piper para águas superficiais e subterrâneas das áreas de contribuição dos rios Sepotuba (A), Juba (C) e ribeirão Taramã (B), nos períodos úmido e seco



(C)

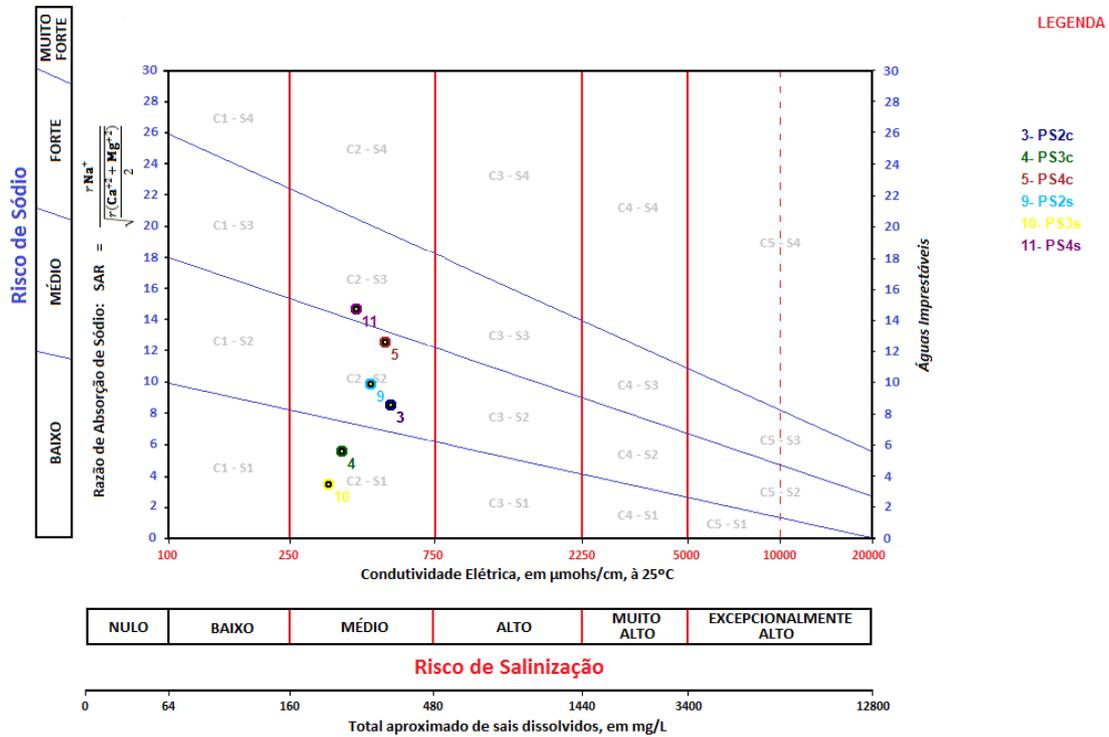


LEGENDA

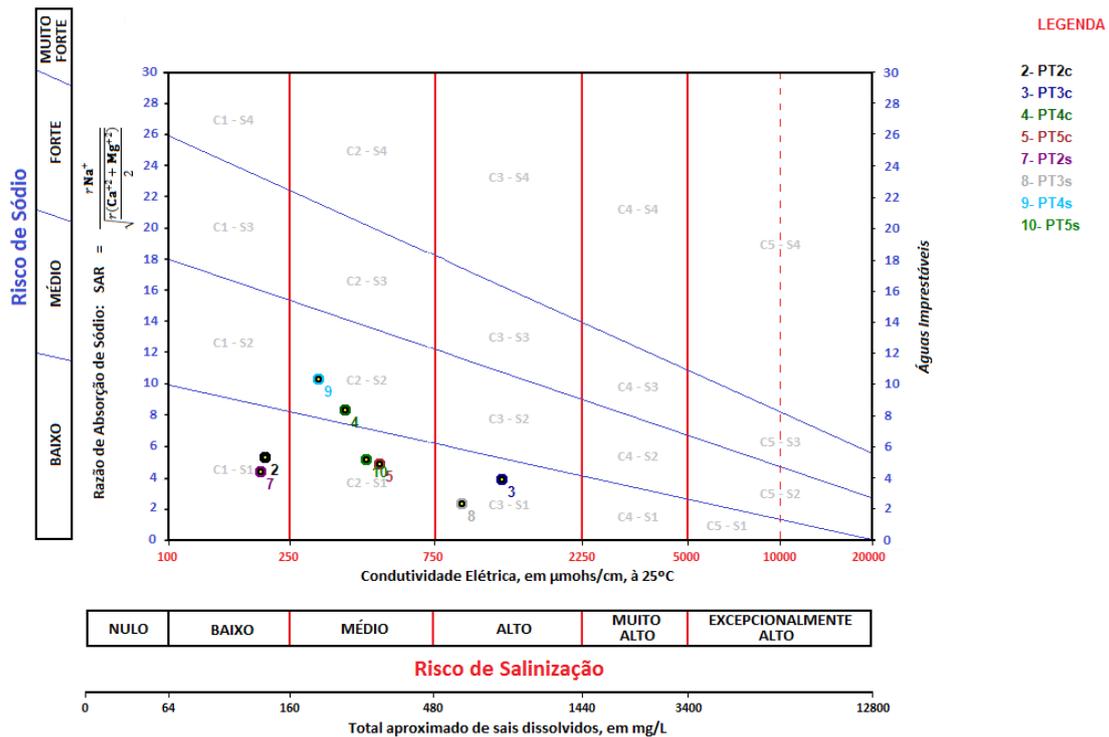
- 1- RIOCHUVA
- 2- PS1c
- 3- PS2c
- 4- PS3c
- 5- PS4c
- 6- PS5c
- 7- RIOSECA
- 8- PS1s
- 9- PS2s
- 10- PS3s
- 11- PS4s
- 12- PS5s

Diagrama do USSL para classificação das águas superficiais e subterrâneas quanto ao risco de sodicidade e salinização das áreas de contribuição dos rios Sepotuba (A), Juba (C) e ribeirão Tarumã (B), nos períodos úmido e seco.

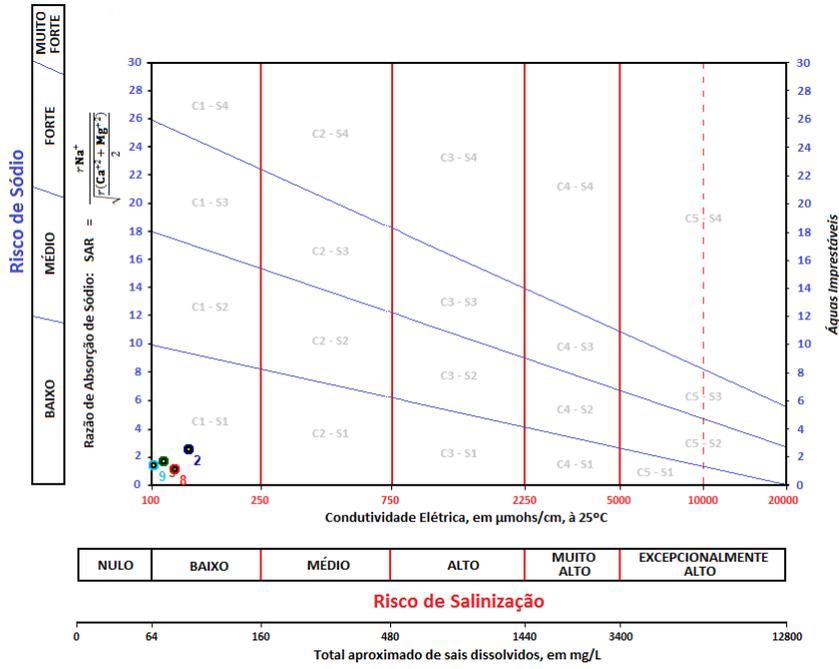
(A)



(B)



(C)



ANEXO I

Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação, de acordo com Ayers e Westcot (1985)

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade do solo				
CE da água de irrigação (Ce _i) ou	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
Total de sólidos solúveis (TST)	mg L ⁻¹	<450	450 a 2000	>2000
Capacidade de infiltração do solo				
RAS = 0 a 3 e Ce _i	dS m ⁻¹	>0,7	0,7 a 0,2	<0,2
RAS = 3 a 6 e Ce _i	dS m ⁻¹	>1,2	1,2 a 0,3	<0,3
RAS = 6 a 12 e Ce _i	dS m ⁻¹	>1,9	1,9 a 0,5	<0,5
RAS = 12 a 20 e Ce _i	dS m ⁻¹	>2,9	2,9 a 1,3	<1,3
RAS = 20 a 40 e Ce _i	dS m ⁻¹	>5,0	5,0 a 2,9	<2,9
Toxicidade				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0 a 9,0	>9,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Cloro (Cl)				
Irrigação por superfície	meq L ⁻¹	<4,0	4,0 a 10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Boro (Bo)	meq L ⁻¹	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
Miscelânea				
Nitrogênio (N)	mg L ⁻¹	<5,0	5,0 a 30,0	>30,0
Bicarbonato (HCO ₃)				
Irrigação por superfície	meq L ⁻¹	<1,5	1,5 a 8,5	>8,5
pH		Amplitude normal de 6,5 a 8,4		

dS m⁻¹ = mmho cm⁻¹

mg L⁻¹ = ppm

mg L⁻¹ / peso equivalente = meq L⁻¹