

ANÁLISE E ORIENTAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CALDAS DE PULVERIZAÇÃO NA REGIÃO DA CHAPADA DO APODI

Daniely Formiga Braga¹, Alessandra Nunes da Silva², Giselly Medeiros de Araújo², Jeferson de Souza Gurgel², Mateus Alencar Bezerra Silva², Moisés Eduardo Dantas Ginani²

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil
(danielyformiga@ufersa.edu.br)

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil

Resumo: A qualidade das caldas de pulverização é essencial para a eficiência dos defensivos agrícolas no semiárido nordestino. Na Chapada do Apodi, as águas subterrâneas apresentam alta dureza, condutividade elétrica e pH alcalino devido às formações calcárias. O estudo avaliou a qualidade da água usada em pulverizações em 25 propriedades abrangendo o RN e CE, por meio de questionários e análises de 29 amostras, considerando pH, condutividade elétrica e dureza total, comparando os resultados obtidos.

Palavras-chave: Calda; Pulverização; Defensivos; pH; Dureza.

INTRODUÇÃO

A região do semiárido nordestino brasileiro representa um dos principais cenários de agricultura irrigada do país, particularmente no segmento de fruticultura tropical e produção de hortaliças. Neste contexto, a Chapada do Apodi, compreendendo os municípios como Apodi, Baraúna, Limoeiro do Norte e Quixeré (Pinto Filho et al., 2016), destaca-se como polo agrícola de relevância socioeconômica significativa. A sustentação das atividades agrícolas nesta região caracteriza-se pela dependência praticamente total de recursos hídricos subterrâneos, obtidos mediante sistemas de poços tubulares profundos que exploram aquíferos inseridos em formações calcárias características da região (Fernandes et al., 2005).

Contudo, a matriz geológica predominantemente calcária confere características físico químicas particulares às águas subterrâneas disponíveis, especialmente quanto aos níveis de dureza e pH (Santiago et al., 2008). Medeiros et al. (2018) descrevem que a qualidade dos recursos hídricos no semiárido constitui fator crítico para a convivência sustentável com a escassez e para o aproveitamento racional dos mananciais. A Chapada do Apodi exemplifica precisamente este cenário em que qualidade e quantidade de água entram em conflito com a demanda agrícola, demandando manejo técnico diferenciado e orientado para sustentabilidade.

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas constitui componente crítico da cadeia produtiva agrícola, influenciando decisivamente a efetividade do controle fitossanitário em cultivos expostos a pragas e doenças. Antuniassi e Baur (2011) afirmam que a qualidade da calda de pulverização representa fator determinante na capacidade de deposição e adesão dos

princípios ativos nas estruturas-alvo das plantas, influenciando diretamente a eficácia biológica dos produtos aplicados. Nesta perspectiva, as propriedades físico-químicas da água utilizada como veículo - pH, condutividade elétrica, turbidez e, especialmente, dureza total - adquirem relevância fundamental.

A dureza da água, expressa pelo teor de cátions bivalentes (cálcio e magnésio) dissolvidos, constitui aspecto crítico frequentemente negligenciado pelos produtores rurais locais. Ferreira e Silva (2010) demonstraram que águas com elevada dureza interferem na eficácia de herbicidas através de mecanismos de precipitação de íons e formação de complexos iônicos que reduzem substancialmente a disponibilidade de princípios ativos para absorção foliar. Adicionalmente, o pH alcalino - consequência da dissolução contínua de calcário durante o percolamento da água através das formações geológicas regionais - compromete a estabilidade química de determinadas moléculas herbicidas, acelerando processos de degradação química que comprometem significativamente o desempenho agrônomo (Boller, 2005; Lajús et al., 2023). Petter et al. (2016) corroboram que a qualidade da água assume papel preponderante no controle de plantas daninhas com glyphosate, requerendo atenção especial aos parâmetros de alcalinidade e dureza.

Portanto, o objetivo do presente trabalho consiste em diagnosticar a qualidade de águas utilizadas para preparação de caldas de pulverização na região da Chapada do Apodi e algumas cidades vizinhas, correlacionando os parâmetros físico-químicos determinados (pH, condutividade elétrica e dureza total) com relatos de falhas no desempenho agrônomo de defensivos, e disponibilizar

orientações técnicas fundamentadas em dados locais para otimização desta prática crítica para sustentabilidade agrícola regional.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido junto a agricultores familiares, pequenos e médios produtores rurais localizados na Chapada do Apodi, abrangendo os municípios de Apodi-RN (7), Baraúna-RN (7), Quixeré-CE (10) e Limoeiro do Norte-CE (1), alguns dos principais polos agrícolas do semiárido, envolvendo vinte e cinco propriedades participantes e vinte e nove fontes de água, umas dessas propriedades de Quixeré possui cinco poços e foi coletada uma amostra de cada um. As atividades foram realizadas ao longo de um período de cerca de três meses, com foco na avaliação da qualidade da água utilizada na formulação de caldas de defensivos agrícolas nas propriedades participantes.

Poço	Município/UF	Latitude	Longitude
1	Apodi/RN	5°35'55.58"S	37°47'31.00"W
2	Apodi/RN	5°36'25.06"S	37°47'32.81"W
3	Apodi/RN	5°35'23.55"S	37°55'44.38"W
4	Apodi/RN	5°34'27.09"S	37°50'03.40"W
5	Apodi/RN	5°33'32.59"S	37°49'21.99"W
6	Apodi/RN	5°36'13.64"S	37°52'09.89"W
7	Apodi/RN	5°36'03.00"S	37°52'29.09"W
8	Quixeré/CE	5°09'19.9"S	37°50'07.8"W
9	Quixeré/CE	5°05'12.1"S	37°53'58.1"W
10	Quixeré/CE	5°10'00.2"S	37°51'52.1"W
11	Quixeré/CE	5°05'21.2"S	37°53'38.2"W
12	Quixeré/CE	5°05'21.6"S	37°53'37.5"W
13	Quixeré/CE	5°04'46.6"S	37°54'29.2"W
14	Quixeré/CE	4°59'46.7"S	37°55'29.8"W
15	Quixeré/CE	5°05'02.8"S	37°51'22.4"W
16	Quixeré/CE	5°05'02.8"S	37°51'22.4"W
17	Quixeré/CE	5°05'02.8"S	37°51'22.4"W
18	Quixeré/CE	5°05'02.8"S	37°51'22.4"W

19	Quixeré/CE	5°05'02.8"S	37°51'22.4"W
20	Quixeré/CE	5°3'22.60"S	37°50'22.05"O
21	Quixeré/CE	5°08'22.7"S	37°46'23.1"W
22	Baraúna/RN	5°07'58.58"S	37°39'05.53"O
23	Baraúna/RN	5°10'24.14"S	37°39'06.80"W
24	Baraúna/RN	5°06'16.37"S	37°38'19.96"W
25	Baraúna/RN	5°3'29.12"S	37°36'9.00"O
26	Baraúna/RN	5°06'13.02"S	37°32'58.20"W
27	Baraúna/RN	5°11'19.02"S	37°35'31.08"W
28	Baraúna/RN	5°11'01.25"S	37°36'01.06"W
29	Limeiro do Norte/CE	5°11'24,60" S	37°56'17,48" O

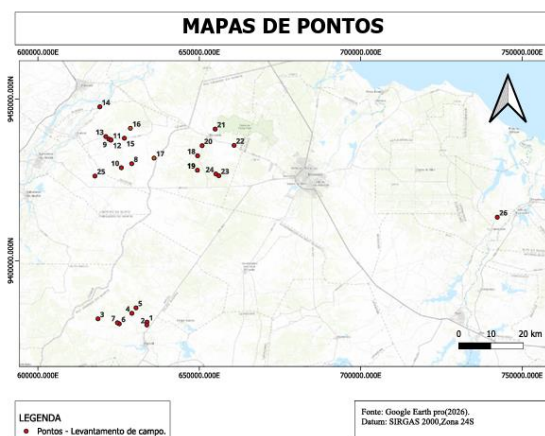


Figura 1. Mapa com localização de todos os poços.

Inicialmente, foi efetuado o contato com os produtores para apresentação dos objetivos do projeto e sensibilização sobre a importância da qualidade da água na eficiência das aplicações de defensivos agrícolas. Em seguida, foram aplicadas entrevistas a partir de um questionário unificado para levantar informações sobre as fontes de água utilizadas nas propriedades, como aspectos visuais e sensoriais da água, manejo e possíveis problemas observados durante a preparação e aplicação das caldas.

À medida que a etapa de entrevistas foi ocorrendo, as amostras de água foram coletadas diretamente das fontes utilizadas pelos produtores para o preparo das caldas de pulverização. As amostras foram identificadas, acondicionadas em recipientes apropriados e refrigeradas para a conservação das suas características reais e, posteriormente, encaminhadas para análise.



As análises laboratoriais contemplaram a determinação dos parâmetros básicos de qualidade da água, incluindo pH (por meio de um medidor de pH R-TEC-7/2-MP), condutividade elétrica (com Hidrosense ECPH13, na unidade de $\mu\text{S}/\text{cm}$) e dureza (a partir de titulação com EDTA, utilizando solução tampão de pH 10 e indicador Negro de Eriocromo T, com ponto de virada de rósea para azul). O EDTA foi padronizado através do método 2340, a fim de obter resultados mais precisos. Os procedimentos analíticos foram conduzidos utilizando metodologias padronizadas e equipamentos devidamente calibrados, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos.

Foram considerados as seguintes classificações:

- pH: 1-6,9 (ácido), 7 (neutro) e 7,1-14 (básico);
- Condutividade elétrica: 5-50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água doce), 51-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água potável), 501-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mineralização moderada a alta), 1000-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água salobra) e acima de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água muito salina);
- Dureza: ≤ 50 mg/L de CaCO_3 (macia), 51–150 mg/L de CaCO_3 (moderadamente dura), 151–300 mg/L de CaCO_3 (dura) e > 300 mg/L de CaCO_3 (muito dura).

Posteriormente, os dados coletados nas entrevistas e nas análises laboratoriais foram organizados em planilhas eletrônicas para processamento e interpretação. A avaliação dos resultados foi realizada por meio da comparação das respostas obtidas nos questionários com os valores encontrados nas análises de qualidade da água, permitindo identificar possíveis relações entre o conhecimento dos produtores, as características das fontes hídricas e a adequação da água para utilização na formulação de caldas de defensivos agrícolas.

Ao final do projeto, os resultados foram apresentados aos participantes por meio de orientações técnicas, destacando a influência dos parâmetros avaliados na eficiência dos defensivos agrícolas e fornecendo recomendações para o manejo adequado da água utilizada nas pulverizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Questionários

- Aspectos visuais e sensoriais

No que diz respeito aos aspectos visuais e sensoriais, os dados coletados junto aos produtores da região indicam que a grande maioria das fontes hídricas apresenta boas características físicas aparentes, sendo classificada predominantemente como limpa, transparente e desprovida de qualquer odor perceptível. Essa estabilidade sensorial é evidenciada pela análise direta da coloração a olho nu, na qual 86,2% das amostras foram identificadas como

totalmente incolores, enquanto as variações remanescentes dividiram-se entre tons amarelados ou acastanhados (13,8%), que sugerem a presença pontual de sólidos suspensos ou compostos orgânicos. Apesar de registros isolados indicarem turbidez esbranquiçada ou odores característicos de terra e cloro, a predominância de águas visualmente limpas reforça que a ausência de anomalias sensoriais não anula o risco químico, tornando as análises laboratoriais de pH e dureza indispensáveis para orientar a correta preparação e eficiência das caldas de pulverização.

- Tratamentos físicos da água

Nos tratamentos físicos da água, estão, por exemplo, a decantação e a filtração, que são utilizados em caso da água apresentar resíduos sólidos, como solo e restos vegetais, que podem reduzir a eficiência da aplicação dos defensivos e até mesmo entupir bicos dos pulverizadores. De acordo com as respostas dos produtores, nenhum faz uso de tratamento físico na água usada nas caldas.

- Problemas de eficiência da pulverização

A eficiência dos defensivos agrícolas depende diretamente das características físico-químicas da água utilizada como veículo no preparo da calda. Durante as coletas e entrevistas realizadas nas propriedades, buscou-se identificar fatores críticos na qualidade da água que comprometem a pulverização, resultando em perda de eficácia dos produtos, subdosagens involuntárias e necessidade de reaplicação frequentes por parte dos produtores. Cerca de seis dos entrevistados relataram que algum produto aplicado não expressou o resultado esperado.

- Problemas de entupimento de bicos

No que concerne aos problemas de entupimento de bicos, os dados indicam uma correlação direta entre as falhas operacionais reportadas no campo e as características hidrogeológicas da Chapada do Apodi, onde as fontes de água subterrâneas calcárias apresentam elevada dureza e pH alcalino. Quando essa água com altos teores de cálcio e magnésio é misturada aos defensivos agrícolas sem correção prévia, ocorrem reações de floculação e precipitação química que formam compostos insolúveis e aglomerados sólidos dentro do tanque, podendo causar obstrução parcial ou total os filtros e as pastilhas dos bicos de pulverização, o que altera severamente o ângulo do jato, desestabiliza a uniformidade e a vazão da calda aplicável e compromete a biodisponibilidade do princípio ativo nas plantas (KISSMANN, 1998). Consequentemente, gera-se um cenário crítico de falhas no controle fitossanitário devido a subdosagens involuntárias, além de aumentar consideravelmente os custos operacionais devido à necessidade de paragens

frequentes do maquinário para a limpeza e desobstrução manual das pontas. Nesse sentido, dezesseis dos entrevistados afirmaram já ter ocorrido problemas de entupimento dos bicos do pulverizador.

- Principais problemas ao misturar os produtos nas caldas de pulverização

No que se refere aos principais problemas observados durante a mistura de defensivos com a água nas propriedades da região, os dados coletados revelam que, embora uma parcela expressiva de produtores relatou não notar intercorrências imediatas, uma quantidade muito significativa de respostas aponta para problemas de incompatibilidade física e química no preparo da calda. Entre as anormalidades mais comuns registradas no campo, destacaram-se a formação de espuma excessiva, a separação de fases (decantação), a não dissolução adequada do produto e a redução da eficiência agrônômica, além de relatos pontuais de formação de grumos, nata e empedramento no tanque de mistura. Essas manifestações visuais e operacionais evidenciam as reações de antagonismo causadas pelas características químicas da água local — como o elevado pH e a dureza —, comprometendo diretamente a homogeneidade da calda e exigindo práticas imediatas de correção para evitar prejuízos na pulverização.

- Técnicas de correção de qualidade de água

A utilização de adjuvantes para correção de características da água é fundamental na aplicação de defensivos agrícolas, visto que a água dura, expressa em carbonato de cálcio (CaCO_3), e o pH alcalino comprometem a eficácia dos produtos fitossanitários ao desestabilizar formulações e formar compostos insolúveis. A adição de redutores de pH e agentes quelatizantes previne a reação de sais com os ingredientes ativos, mantendo a estabilidade da calda de pulverização e garantindo a efetividade do controle (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008; INOUE et al., 2008).

Em resposta aos questionamentos, 12 produtores afirmaram que utilizam em conjunto redutor de pH e espalhante adesivo, outros oito afirmaram utilizar somente redutor de pH. Ademais, um relatou faz uso de espalhante adesivo e outro afirmou que utiliza redutor de pH, sequestrante de íons e espalhante adesivo. Outros três restantes relataram que não usam nenhum método de correção de qualidade de água.

Análises laboratoriais

- pH

Poço	pH (médio)	Classificação
------	------------	---------------

1	7,8	Básico
2	7,3	Básico
3	7,6	Básico
4	7,3	Básico
5	7	Neutro
6	7,3	Básico
7	7,1	Básico
8	6,9	Ácido
9	7,7	Básico
10	7,4	Básico
11	7,3	Básico
12	7,1	Básico
13	7,1	Básico
14	7,6	Básico
15	6,9	Ácido
16	7,7	Básico
17	6,8	Ácido
18	7,3	Básico
19	7,5	Básico
20	7,5	Básico
21	7	Neutro
22	7,4	Básico
23	7	Neutro
24	7,7	Básico
25	6,6	Ácido
26	8,1	Básico
27	6,8	Ácido
28	7,5	Básico
29	7,7	Básico

O pH da água influencia diretamente a estabilidade das soluções, mas a sua ação varia de acordo com o produto, podendo haver casos em que pH básico seja

mais adequado ou que o pH não influencie significativamente (Lajús et al., 2023; Souza et al., 2026). Em geral, caldas levemente ácidas, com pH entre 6,0 e 6,5, proporcionam melhores resultados, pois reduzem a degradação dos ingredientes ativos e aumentam sua vida útil (Lajús et al., 2023).

De acordo com as análises realizadas, 72,4% (21) das amostras apresentaram pH básico, 17,2% (5) pH ácido e 10,3% (3) pH neutro. Nesse sentido, a maior parte das fontes de água, não possuem água com pH adequado para as pulverizações, porém como os agricultores fazem uso de adjuvantes, como redutor de pH, o qual corrige e adequa o pH da calda ao produto a ser aplicado.

- Condutividade elétrica

Poço	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Classificação
1	440	Água potável
2	241,5	Água potável
3	57	Água potável
4	851	Mineralização mod. a alta
5	1647,5	Água salobra
6	789,5	Mineralização mod. a alta
7	190	Água potável
8	928	Mineralização mod. a alta
9	509	Mineralização mod. a alta
10	1146,5	Água salobra
11	1311,5	Água salobra
12	1930	Água salobra
13	1647	Água salobra
14	1634	Água salobra
15	2635	Água salobra
16	3320	Muito salina
17	3300	Muito salina
18	2485	Água salobra

19	2785	Água salobra
20	3160	Muito salina
21	1627	Água salobra
22	1490,5	Água salobra
23	1757	Água salobra
24	1424	Água salobra
25	40,5	Água doce
26	1922	Água salobra
27	1494	Água salobra
28	2545	Água salobra
29	391,5	Água potável

A condutividade elétrica relaciona-se à concentração de partículas eletricamente carregadas (íons) presentes na água, capazes de conduzir corrente elétrica, e à alcalinidade, caracterizada pela presença ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (Santos, 1997). Segundo Sasaki et al., (2015), quanto mais elevada for a condutividade elétrica da calda para a aplicação do defensivo, maior será a eficiência da pulverização eletrostática.

A maior parte das fontes hídricas avaliadas foi classificada como água salobra, correspondendo a dezesseis amostras do total coletado. Somado a isso, identificou-se um grupo considerável de amostras com mineralização moderada a alta (4 amostras) e três fontes classificadas como muito salina (poços profundos em Quixeré). Em contrapartida, as águas de baixa salinidade foram minoria, com cinco amostras consideradas água potável e apenas uma amostra como água doce (poço profundo em Baraúna).

- Dureza

Poço	Dureza (mg/L de CaCO_3)	Classificação
1	186,4	Dura
2	108,9	Mod. dura
3	24,5	Macia



4	405,1	Muito dura
5	697,4	Muito dura
6	350,2	Muito dura
7	70,6	Mod. dura
8	260,9	Dura
9	110,8	Mod. dura
10	393,3	Muito dura
11	405,1	Muito dura
12	684,7	Muito dura
13	522,8	Muito dura
14	531,6	Muito dura
15	911,2	Muito dura
16	1195,7	Muito dura
17	1082,9	Muito dura
18	948,5	Muito dura
19	1004,4	Muito dura
20	1167,2	Muito dura
21	687,6	Muito dura
22	617	Muito dura
23	626,8	Muito dura
24	528,9	Muito dura
25	39,2	Macia
26	758,8	Muito dura
27	653,6	Muito dura
28	1051,5	Muito dura
29	171,1	Dura

A dureza consiste na concentração de íons dissolvidos na solução que, por sua vez, afetam a absorção e translocação dos defensivos nas plantas, através de reações entre as cargas opostas presentes na calda, que

podem se combinar com minerais e formar outros tipos de sais que afetarão as propriedades da água (Neto et al., 2024).

Os dados analíticos ilustrados no gráfico indicam que a grande maioria das fontes de água avaliadas apresenta altos índices de dureza, com uma forte concentração de amostras atingindo os níveis mais elevados da escala de amostragem. Mais especificamente duas amostras foram classificadas como macias (uma de poço profundo em Apodi e outra também de poço profundo em Baraúna), três como moderadamente dura, três como duras e vinte e uma como muito duras. Doze das quatorze amostras de Quixeré foram classificadas como muito duras.

Os mesmos poços que apresentaram classificação de dureza moderada a muito dura foram os mesmos classificados como água de mineralização moderada a muito salina, evidenciando a correlação entre os parâmetros de dureza e condutividade elétrica.

CONCLUSÃO

O diagnóstico realizado na região da Chapada do Apodi evidenciou uma realidade que, embora tecnicamente conhecida, permanece subestimada no cotidiano das propriedades rurais: a água utilizada para o preparo de caldas de pulverização apresenta, de forma predominante, características físico-químicas incompatíveis com o uso direto na aplicação de defensivos agrícolas. O pH básico de 72,4% das amostras analisadas, associado aos elevados índices de dureza total - com expressiva concentração de fontes classificadas como muito duras - reflete a influência direta da matriz geológica calcária regional sobre a composição das águas subterrâneas exploradas para fins agrícolas.

Esses dados ganham ainda maior relevância quando confrontados com os relatos dos produtores. A percepção sensorial favorável da água - predominantemente incolor, sem odor e visualmente limpa - contrasta com os problemas operacionais registrados em campo, como o entupimento recorrente de bicos de pulverização, a formação de espumas e precipitados durante o preparo da calda e a perda de eficiência agrônômica dos defensivos aplicados. Esse contraste ilustra um dos aspectos mais críticos identificados no estudo: os riscos químicos associados à qualidade da água são, em grande medida, invisíveis sem o suporte da análise laboratorial, o que reforça a necessidade de monitoramento sistemático das fontes hídricas como etapa integrante do manejo fitossanitário.

Por outro lado, o levantamento revelou um dado positivo e digno de destaque: a maior parte dos agricultores entrevistados já adota, por iniciativa



própria, práticas de correção química da água antes da adição dos defensivos ao tanque, recorrendo principalmente a redutores de pH e sequestrantes de cátions. Esse comportamento demonstra que o conhecimento empírico construído ao longo de anos de experiência no campo tem levado os produtores a soluções práticas e tecnicamente adequadas, ainda que nem sempre fundamentadas em dados analíticos de suas próprias fontes de água.

Conclui-se, portanto, que a qualidade da água para caldas de pulverização na região da Chapada do Apodi constitui um fator de risco real e mensurável para a eficácia dos tratamentos fitossanitários, mas também um fator manejável, desde que acompanhado de monitoramento contínuo e correção prévia adequada. A integração entre análise laboratorial periódica, uso criterioso de adjuvantes e acesso a orientação técnica contextualizada com as condições locais representa o caminho mais sólido para reduzir perdas operacionais, otimizar o desempenho dos defensivos e contribuir para a sustentabilidade econômica e ambiental da agricultura irrigada no semiárido nordestino.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos produtores rurais participantes, ao grupo de pesquisa Nomato e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela parceria nas pesquisas e no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R.; BAUR, P. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Botucatu: Agropecuária, 2011.
- BOLLER, W. **Curso sobre tecnologia e equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: UPF, 2005. 37p
- FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; et al. **A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará**. *Águas Subterrâneas*, v. 19, n. 1, 2005.
- FERREIRA, M. C.; SILVA, A. A. **Interferência da dureza da água na eficácia de herbicidas**. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 9, n. 2, p. 41–50, 2010.
- INOUE, M. H. et al. **Comportamento de redutores de pH e complexantes de metais em calda de herbicida**. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 7, n. 1, p. 26-35, 2008.
- KISSMANN, K. G. **Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários**. São Paulo: BASF, 1998. 24p.
- LAJÚS, Cristiano Reschke; BUSNELLO, Fábio José; SAUER, Aline Vanessa; COSTELLA, Marcelo Fabiano; DALCANTON, Francieli (org.). **Tecnologia e Gestão da Inovação em Sistemas de Produção Sustentáveis**. 1. ed. Campina Grande: EPTEC, 2023. 226 p. ISBN 978-65-00-70782-3.
- MEDEIROS, S. S. et al. **Recursos Hídricos e Qualidade da Água no Semiárido Brasileiro**. In: MEDEIROS, S. S. (Ed.). *Semiárido: Desafios e Estratégias para Convivência*. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2018. p. 187-212.
- NETO, Roberto Costa Avila et al. **pH and water hardness on the efficiency of auxin mimics herbicides**. *Ciência Rural*, v. 54, p. 1–12, 2024.
- PETTER, F. A. et al. **Efeito da qualidade da água no controle de plantas daninhas com glyphosate**. *Planta Daninha*, v. 34, n. 3, p. 587-596, 2016.
- PINTO FILHO, J. L. de O.; SOUZA, R. F. de; PETTA, A. **Caracterização socioeconômica e ambiental da população do campo petrolífero Canto do Amaro, RN, Brasil**. *Sustentabilidade em Debate*, v. 7, n. 2, p. 200-216, 2016.
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. **Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos**. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.
- SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa / João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. p. 81-108, 1997.
- SANTIAGO, M. M. F.; SILVA, C. M. S. V.; FERREIRA, R. M. S.; et al. **A qualidade das águas subterrâneas usadas na irrigação da Chapada do Apodi**. *Águas Subterrâneas*, 2008.
- SASAKI, R.S. et al. **Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática**. *Ciência Rural*, v.45, n.2, p.274-279, 2015.
- SOUZA, Bruna de Jesus et al. **Parâmetros físico-químicos da água: interferência na pulverização agrícola**. In: **Entre Áreas e Saberes: Estudos Multidisciplinares**. [S.l.]: Aurum Pub, 2024. Cap. 8. DOI: 10.63330/aurumpub.033-008. ISBN 978-65-83849-47-2.