



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**



HERALDO BISPO DOS SANTOS

**IDENTIFICAÇÃO DO GRAU DE ACEITAÇÃO DOS IRRIGANTES DO
PERÍMETRO DO BETUME-SE, QUANTO À QUALIDADE DA ÁGUA DE
DRENAGEM EM REUSO DIRETO**

SÃO CRISTÓVÃO/SERGIPE

2015

HERALDO BISPO DOS SANTOS

**IDENTIFICAÇÃO DO GRAU DE ACEITAÇÃO DOS IRRIGANTES DO
PERÍMETRO DO BETUME-SE, QUANTO À QUALIDADE DA ÁGUA DE
DRENAGEM EM REUSO DIRETO**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Prof.º D. Sc. Gregorio Guirado Faccioli

COORIENTADOR: Prof.º D. Sc. Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto

SÃO CRISTÓVÃO/SERGIPE

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237i Santos, Heraldo Bispo dos
Identificação do grau de aceitação dos irrigantes do perímetro do
Betume-SE, quanto à qualidade da água de drenagem em reuso
direto / Heraldo Bispo dos Santos; orientador Gregorio Guirado
Faccioli. – São Cristóvão, 2015.
102 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) –
Universidade Federal de Sergipe, 2015.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Água – Reuso. 3. Água –
Qualidade. 4. Arroz – Cultivo. 5. Irrigação agrícola. I. Faccioli,
Gregorio Guirado, orient. II. Título.

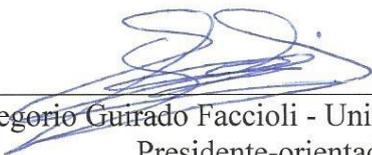
CDU 502.131.1:628.179.2:633.18

HERALDO BISPO DOS SANTOS

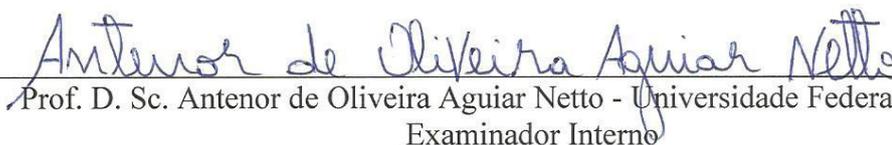
**IDENTIFICAÇÃO DO GRAU DE ACEITAÇÃO DOS IRRIGANTES DO
PERÍMETRO DO BETUME-SE, QUANTO À QUALIDADE DA ÁGUA DE
DRENAGEM EM REUSO DIRETO**

Dissertação apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015



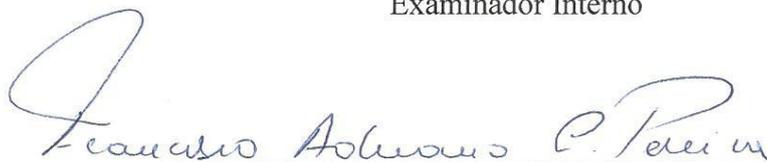
Prof. D. Sc. Gregorio Guirado Faccioli - Universidade Federal de Sergipe
Presidente-orientador



Prof. D. Sc. Antenor de Oliveira Aguiar Netto - Universidade Federal de Sergipe
Examinador Interno

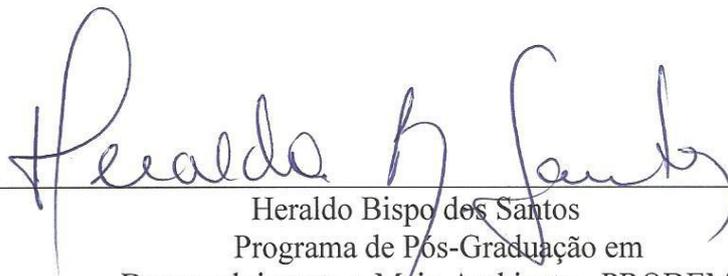


Prof. D. Sc. Antonio Vital Menezes de Souza - Universidade Federal de Sergipe
Examinador Interno

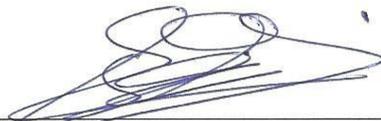


Prof. D. Sc. Francisco Adriano de Carvalho Pereira - Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia
Examinador Externo

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

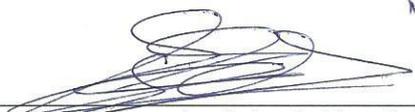


Heraldo Bispo dos Santos
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

AGRADECIMENTOS



Esta pesquisa teve o apoio da

E do Projeto

ÁGUAS

do São Francisco

REALIZAÇÃO:



SergipeTec
Sergipe Parque Tecnológico



Universidade Federal de Sergipe

PATROCÍNIO:



PETROBRAS



GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

APOIO:



(79) 3259-0186 aguasdosaofrancisco.org.br contato@aguasdosaofrancisco.org.br

RESUMO

A insuficiente quantidade de água disponível para atender à demanda da irrigação da rizicultura, o Distrito de Irrigação do Betume passou a recircular até 100 % da água de drenagem do sistema, na maioria das vezes sem diluição. Apesar do reuso de água na irrigação ser uma prática recomendada mundialmente como uma das formas de se economizar o recurso, esta prática deve ocorrer atendendo aos preceitos técnicos e aos parâmetros das normatizações vigentes, que objetivam a segurança dos usuários diretos e indiretos e a perspectiva da sustentabilidade dos agroecossistemas. Essa pesquisa visou identificar o grau de aceitação dos irrigantes quanto ao reuso da água de drenagem na irrigação da rizicultura. Para a concretização do referido estudo, foram explorados dados secundários por meio da consulta de registros e documentos e da revisão da literatura; e obtidos dados primários através da observação sistemática; entrevistas semiestruturadas com 88 agricultores do local e mensuração de parâmetros físico-químicos e microbiológico da água de drenagem. Foram evidenciadas fontes de poluição e contaminação de origem antrópica. Três parâmetros de qualidade da água (DBO, Turbidez e Coliformes termotolerantes) apresentaram-se acima dos limites normativos, indicando necessidade de monitoramento e tratamento da água de drenagem. 80 % dos agricultores aceitam o reuso da água de drenagem para irrigação que está ocorrendo, porém demandam adequações da situação atual a fim de minimizar perdas econômicas, riscos à saúde e à degradação dos recursos naturais, enfim contribuindo para a melhoria da sustentabilidade local.

Palavras-Chave: Reuso de água. Rio São Francisco. Rizicultura.

ABSTRACT

Given the insufficient amount of water available to meet the demand of rice cultivation irrigation, the Associação dos Parceleiros do Distrito de Irrigação do Betume began to recirculate up to 100% of the system drainage water, most often without dilution. Despite the water reuse in irrigation be worldwide considered a best practice to save the resource, this practice should occur given the technical principles and parameters of existing norms, aiming the safety of direct and indirect users and the prospect of sustainability of agro-ecosystems. This research aimed to identify the degree of irrigator's acceptance about the reuse of drainage water for irrigation of rice growing. In carrying out this study, secondary data were explored by consulting records, documents, and literature review. Primary data was obtained through systematic observation; semi-structured interviews with 88 local farmers; and measurement of physical, chemical and microbiological parameters of drainage water. Sources of pollution and contamination of anthropogenic origin were found. Three water quality parameters (BOD, turbidity and thermotolerant coliforms) were above the regulatory limits, indicating a need for monitoring and treatment of drainage water. 80 % of farmers accept the reuse of drainage water for irrigation that is taking place, but require adjustments of the current situation in order to minimize economic losses, risks to health and degradation of natural resources, ultimately contributing to the improvement of local sustainability.

Keywords: Reuse of water. São Francisco River. Rice growing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo.....	35
Figura 02 - Desenho esquemático com a localização das estações de bombeamento do Perímetro Irrigado do Betume.	36
Figura 03 - Ponto 01 de coleta de água de drenagem para análises.	40
Figura 04 - Ponto 02 de coleta de água de drenagem para análises.	40
Figura 05 - Utilização do canal de irrigação para necessidades de limpeza e recreação.	46
Figura 06 - Lançamento de águas servidas das residências em via pública.	47
Figura 07 - Tubulação direcionando o lançamento de esgoto doméstico no duto da água de drenagem.....	48
Figura 08 - Placas indicativas da implantação do Sistema de esgotamento sanitário de Ilha das Flores.	48
Figura 09 - Resíduos sólidos dispostos em vias de acessos dos povoados.	49
Figura 10 - Resíduos sólidos amontoados no quintal para a queima.....	50
Figura 11 - Área utilizada como lixão em atividade da cidade de Ilha das Flores.....	50
Figura 12 - Área utilizada como lixão desativado da cidade de Ilha das Flores.	51
Figura 13 - Embalagens de agrotóxicos lançadas próximo aos lotes de arroz.	53
Figura 14 - Variação da salinidade e pH.	55
Figura 15 - Variação da DBO e do OD.	56
Figura 16 - Variação da turbidez e STD.....	57
Figura 17 - Variação do índice de coliformes termotolerantes.	59
Figura 18 - Classificação hidrogeoquímica da água de drenagem do ponto 1.....	63
Figura 19 - Classificação hidrogeoquímica da água de drenagem do ponto 2.....	64

Figura 20 - Classificação quanto ao risco de sodicidade e salinização do ponto 1.	66
Figura 21 - Classificação quanto ao risco de sodicidade e salinização do ponto 2.	67
Figura 22 - Distribuição da faixa etária dos agricultores.....	71
Figura 23 - Distribuição das faixas temporal em que cultivam arroz na região.....	72
Figura 24 - Distribuição da escolaridade por faixa etária dos agricultores.	73
Figura 25 - Distribuição da quantidade de lotes cultivados por agricultor.....	74
Figura 26 - Distribuição de agricultores entrevistados em relação às EBs fornecedoras.....	75
Figura 27 - Distribuição quantitativa de lotes por EBs.	76
Figura 28 - Distribuição das opiniões dos agricultores quanto à qualidade da água de drenagem.....	77
Figura 29 - Distribuição do grau de aceitação dos agricultores quanto ao reuso da água de drenagem.....	81
Figura 30 - Utilização de bomba a motor diesel para transferir água de drenagem para o lote.	84
Figura 31 - Distribuição das restrições por categoria.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de contaminação e poluição por resíduos sólidos.	38
Quadro 2 - Classificação de contaminação e poluição por efluente de esgoto sanitário e agroindustrial.	39
Quadro 3 - Descrição da localização dos pontos de coleta de água de drenagem.....	40
Quadro 4 - Grau de aceitação e recusa com as proposições.....	42
Quadro 5 - Valores dos parâmetros inorgânicos para P1 e P2.	61
Quadro 6 - Valores de elementos traço (metais) comparados aos limites de Ayers e Westcot (1999).....	70
Quadro 7 - Correlação das estações de bombeamento, captação da água e recirculação.....	75

LISTA DE SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ABID	Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
C.E.	Condutividade elétrica
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe
DIB	Associação dos Parceiros do Distrito de Irrigação do Betume
DQO	Demanda química de oxigênio
EB	Estação de bombeamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITPS	Instituto Tecnológico e de Pesquisas de Sergipe
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OD	Oxigênio dissolvido

OMS	Organização Mundial da Saúde
ONS	Operador Nacional do Sistema
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PST	Porcentagem de sódio trocável
RAS	Relação de Adsorção de Sódio
SE	Sergipe
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
STD	Sólidos totais dissolvidos
USSL	United States Salinity Laboratory

LISTA DE SÍMBOLOS

$m^3.s^{-1}$	Metro cúbico por segundo
%	Percentual
pH	Potencial hidrogeniônico
$\mu g.L^{-1}$	Micrograma por litro
$ng.L^{-1}$	Nanograma por litro
mL	Mililitro
$UFC.g^{-1}$	Unidades Formadoras de Colônias por grama
km	Quilômetro
ha	hectare
$\%_0$	Percentil
$mg.L^{-1}$	Miligrama por litro
O_2	Oxigênio
UNT	Unidade nefelométrica de turbidez
μm	Micrômetro
Al	Alumínio
$cmol_c.dm^{-3}$	Centimolc por decímetro cúbico
$mg.dm^{-3}$	Miligrama por decímetro cúbico
$\mu S.cm^{-1}$	Microsiemes por centímetro
Cl	Cloro
B	Boro

mg.kg^{-1} Miligrama por kilograma

$\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ Metro cúbico por hectare por ano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	O REUSO DE ÁGUA	20
2.2	RECOMENDAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA	21
2.3	RISCOS À SAÚDE NO EMPREGO DE ÁGUA DE REUSO.....	25
2.4	SITUAÇÃO DA NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA PARA A PRÁTICA DO REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA	28
3	METODOLOGIA	35
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	37
3.3	DADOS PRIMÁRIOS	38
3.3.1	Classificação das fontes de contaminação e poluição.....	38
3.3.2	Qualidade da água de drenagem.....	39
3.3.3	Aceitabilidade do reuso de água	41
3.4	DADOS SECUNDÁRIOS	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS FONTES DE POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO	45
4.1.1	Abastecimento de água tratada.....	45
4.1.2	Esgotamento sanitário.....	47
4.1.3	Disposição de resíduos sólidos.....	49
4.1.4	Rizicultura.....	52

4.2	QUALIDADE DA ÁGUA DE DRENAGEM COMPARADA À NORMATIZAÇÃO E CONDIÇÕES PARA A RIZICULTURA	53
4.2.1	Enquadramento da água de drenagem	54
4.2.2	Condições da água de drenagem para a irrigação da rizicultura.....	62
4.3	ACEITAÇÃO DO REUSO DA ÁGUA DE DRENAGEM.....	71
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	92
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA	102

1 INTRODUÇÃO

O Brasil com o seu grande potencial para a produção de energia elétrica a partir de suas bacias hidrográficas priorizou desde a década de 1930 a construção de barragens e usinas hidroelétricas em seus rios. São importantes os benefícios, a nível nacional, trazido pelo aumento da capacidade produtiva de energia elétrica, e assim, promovendo a necessidade de continuar explorado o recurso hidroelétrico. Porém, em nome desse desenvolvimento nacional, na maioria das situações os danos socioambientais regionais e locais não têm sido devidamente considerados e tratados, mesmo ocorrendo anualmente a elaboração do Estudo e Relatório de Impactos Ambientais, exigida pela legislação.

O rio São Francisco, em função de sua extensão e declive recebeu a partir de 1911 a construção de 9 barragens com esse objetivo de geração de energia, o que propiciou a modificação de suas condições naturais e promoveu diversas transformações socioambientais no entorno de seu curso. Com a construção da barragem de Sobradinho/BA, na região do Médio São Francisco, que além de produzir energia elétrica, também prometeu solucionar os problemas de cheias e secas que assolavam a região a jusante, através da regularização da vazão hídrica. Não obstante, analisou-se que esta alteração significativa da vazão, causaria não apenas a mudança do regime hídrico, mas que também, afetaria conseqüentemente os ciclos agrícolas dependentes deste, em específico as culturas de arroz existentes na região do Baixo São Francisco, em várzeas inundadas e drenadas naturalmente pelo rio. Desta forma, foram projetados e implantados vários perímetros irrigados na região, com recursos da União, a fim de minimizar os danos socioambientais causados.

Um desses perímetros instalados no Baixo São Francisco na região da sub-bacia hidrográfica do rio Betume, afluente da margem direita do Baixo São Francisco, no Estado de Sergipe, iniciou suas operações em 1977. O projeto desse perímetro, de característica compensatória, propiciou aos parceleiros¹, toda a infraestrutura de captação, irrigação e drenagem da área. Assim, o projeto minimizou os danos socioambientais, garantindo renda a essa população e reduzindo o êxodo na região.

¹ Parceleiro é a denominação atribuída ao chefe de família que recebeu o direito de uso sobre um lote do perímetro irrigado do Betume.

No decorrer dos últimos 38 anos, o cenário projetado, inicialmente promissor, teve significativa inversão em seu desdobramento. Inclusive pela construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Xingó, que iniciou a operação em dezembro de 1994, e intensificou os danos socioambientais na região. Além das barragens, pode-se elencar como causas principais destes danos: a não suficiente destinação de recursos financeiros institucionais para a manutenção física da infraestrutura; a resistência dos parceiros em se organizarem em um sistema comunitário; a resistência cultural dos parceiros quanto ao atendimento das recomendações técnicas para a cultura do arroz, sua irrigação e manejo da água e do solo, maximizando a degradação do agroecossistema local e das características ambientais da região, entre outros.

Porém, a regularização da vazão do rio a partir dessas barragens, estabelecida inicialmente em $1,3 \text{ mil m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ocasionou o assoreamento do Baixo São Francisco e dificultou a captação de água pelo sistema de bombas, que atendem o perímetro do Betume. Esta situação foi evidentemente agravada quando em abril de 2013 a Agência Nacional de Águas (ANA), articulada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), objetivando preservar os reservatórios das barragens para a produção de energia elétrica, resolveu reduzir a vazão hídrica para $1,1 \text{ mil m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ANA, 2013).

Neste novo cenário, diante da insuficiente quantidade de água disponível nos pontos de tomada das estações de captação de água, para poder atender a demanda da irrigação da safra 2013/2014, a Associação dos Parceiros do Distrito de Irrigação do Betume (DIB), cogestora, delegada pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) para o perímetro em pauta, forçadamente, passou a recircular, nas duas principais estações de bombeamento (Serrão e Ilha das Flores, as únicas que foram projetadas para esta possibilidade) até 100 % da água proveniente da drenagem do sistema, e na maioria das vezes sem diluição.

Apesar do reuso de água na irrigação ser uma prática recomendada mundialmente, como uma das formas de se economizar o recurso (SITARZ, 1994, HESPANHOL, 2008), esta prática deve ocorrer atendendo a preceitos técnicos e aos parâmetros das normalizações vigentes, que objetivam a segurança dos usuários diretos e indiretos da água de reuso e dos consumidores dos produtos obtidos (MANCUSO, 2003; DALTRO FILHO, 2004), bem como a sustentabilidade dos agroecossistemas (RIBEIRO, 2010). Condições essas, que não estão ocorrendo na prática de recirculação (reuso direto) da água de drenagem do perímetro irrigado Betume.

Outro ponto a ser destacado, é o fato de que dentro da área do perímetro, existirem alguns povoados, inclusive a sede da cidade de Ilha das Flores, onde se visualizam várias pressões antrópicas de degradação dos recursos naturais. Assim, esta pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade da água de drenagem em reuso direto no perímetro irrigado Betume-SE.

O conjunto destes pontos elencados provocou as seguintes indagações de estudo para esta pesquisa: Quais as possíveis fontes de contaminação/poluição da água drenada do sistema? Qual a qualidade da água de drenagem em reuso direto? Este efluente atende os parâmetros técnicos e normativos vigentes, que permitam o reuso direto ou será necessário tratamento prévio? Quais os níveis de interação, entre os agricultores² do perímetro irrigado do Betume, quanto à aceitação do reuso desta água?

Por fim, esta pesquisa teve como objetivo geral: identificar o grau de aceitação dos irrigantes, quanto ao reuso da água de drenagem na irrigação da rizicultura, e, como objetivos específicos: classificar as possíveis fontes de contaminação/poluição da água de drenagem e comparar a qualidade mensurada com a normatização.

² Atualmente, alguns parceiros arrendam o lote para outros parceiros ou pessoas de fora, assim, será usada a denominação de agricultores e/ou usuários e/ou irrigantes de forma genérica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O REUSO DE ÁGUA

Água fundamental para a vida neste orbe e nem sempre disponível para todos. As questões climáticas são determinantes quanto à distribuição da disponibilidade de água doce no planeta, porém, a escassez se torna crítica quando há precariedade econômica de uma população.

Ao longo dos últimos 50 anos, com a expansão da população urbana e o crescimento do desenvolvimento industrial e tecnológico, as poucas fontes disponíveis de água doce do planeta estão comprometidas ou correndo sério risco. De acordo com World Resources Institute (WRI, 2000), quase a metade da população mundial enfrenta problemas de escassez de água, principalmente no que se refere à disponibilidade de fontes superficiais.

O panorama atual aponta claramente para muitos países que não têm água suficiente para atender à demanda e, por consequência, é comum o esgotamento dos aquíferos devido à extração excessiva. Conforme a World Meteorological Organization (WMO, 1997), o consumo mundial de água cresceu mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2004), associado a isso, a escassez de água é acompanhada por uma deterioração de sua condição de qualidade devido à poluição e à degradação ambiental.

As perspectivas para os próximos anos no que se refere à água e alimentos não se mostram favoráveis e nem tão pouco otimistas. O crescimento populacional e econômico tende a provocar um aumento no consumo de água em todos os cenários (PNUMA, 2004). Portanto, como a demanda pela água continua sempre a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente fundamental no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos em todas as regiões, sendo áridas ou úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável (BEEKMAN, 1996).

Por meio do planejamento integrado dos recursos de águas naturais e de águas servidas, a reutilização pode propiciar suficiente flexibilidade para o atendimento das demandas de curto prazo, bem como, assegurar o aumento da garantia no suprimento de longo prazo. Assim, o reúso de água para diversos fins, sobretudo o da irrigação, surge então como alternativa para aumentar a oferta de água, garantindo economia do recurso e racionalização do uso desse bem. Todavia “a escassez de água é o fator ambiental que impulsiona o reúso agrícola. Em tais ocorrências, a experiência mostra que, se não houver uma iniciativa governamental para conduzir a implantação de sistemas seguros, o reúso não planejado da água tende a ocorrer [...]” (SCHAER-BARBOSA, 2012, p. 179).

Vários países já utilizam essa tecnologia e possuem regulamentação específica na temática. Porém, o Brasil ainda está em fase inicial na efetivação da regulamentação e da técnica, com grande potencial de crescimento (SIMPÓSIO, 2012).

2.2 RECOMENDAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

A prática do reúso de água é fundamental como fonte alternativa hídrica no escopo de sustentabilidade dos recursos hídricos, pois se trata de um meio de racionalização do uso. A AGENDA 21 (SITARZ, 1994) dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida também como ECO-92, Rio-92, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. Porém há de se estabelecer que as águas de menor qualidade, tais como esgotos, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2008). Pois, de acordo com o Banco Mundial “The greatest challenge in the water and sanitation sector over the next two decades will be the implementation of low cost sewage treatment that will at the same time permit selective reuse of treated effluents for agricultural and industrial purposes” (JHANSI; MISHRA, 2012, p. 91).

Há diversas possibilidades de reuso, sendo o urbano, o industrial e a agrícola suas formas mais significativas. Entretanto, no mundo, estima-se que 70 % das águas utilizadas são destinadas à irrigação agrícola (BROWN, 2002; CÂMARA; SANTOS, 2002), onde os percentuais restantes cabem principalmente ao consumo urbano e industrial. Em face dessa situação, o reuso planejado de águas é uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural, e este teve entre 1950 a 1998 um incremento de aproximadamente 45 vezes (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999). Assim, a agricultura depende atualmente de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção não pode mais ser efetuado através de mera expansão de terra cultivada. Os maiores benefícios dessa forma de reuso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2003; 2008).

São inúmeros os benefícios da água de reuso proveniente do tratamento de esgotos utilizada na agricultura, estudos desenvolvidos em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente com o emprego de esgotos tratados (BRAATZ; KANDIAH, 1996; HESPANHOL, 2003; 2008). Contudo, Bartone e Arlosoroff (1987) destacam que o aumento de produtividade não é, portanto, o único benefício do reuso, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada dada a disponibilidade de água e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas praticamente ao longo de todo o ano. Pode-se ainda mencionar a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes industrializados, pois a água residuária fornece um teor de nitrogênio que pode exceder a quantidade recomendada a ser provida via fertilização química, durante períodos de tempo similares (MEDEIROS et al., 2008), resultando na diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação e poluição dos cursos de água, além da economia do volume de água potável direcionada para a irrigação, assim o reuso da água é consolidado como um fator importante para a gestão dos recursos hídricos.

Ao longo das duas últimas décadas em vários países, o uso de esgotos para irrigação de culturas cresceu significativamente, devido aos seguintes fatores: (a) Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; (b) Custo elevado de fertilizantes; (c) A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas; (d) Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; (f) A aceitação

sociocultural da prática do reuso agrícola; e (g) O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática (HESPANHOL; PROST, 1994).

Vários são os benefícios, entre eles a economia de água de boa qualidade e a mitigação de uma fonte poluidora de corpos hídricos. Porém, não diferentemente há de se preocupar com os riscos iminentes.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca a importância da qualidade biológica dos efluentes utilizados na irrigação, a fim de diminuir a probabilidade de propagação de patógenos, que ocasionam diversas enfermidades. Para atingir o enquadramento nas recomendações, diversas formas de tratamento de esgotos são utilizadas atualmente, mas foi observado que as lagoas de estabilização possuem um alto grau de eficiência e é o único sistema de forma natural reconhecido pela OMS (MENDONÇA, 2001; ARAÚJO; DUARTE; VALE, 2003). As lagoas de estabilização, de modo geral, são projetadas para remoção de matéria orgânica (geralmente expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ou Demanda Química de Oxigênio (DQO)), e de patógenos. Nesses sistemas biológicos naturais de tratamento, há um consórcio de bactérias e algas que degradam o esgoto ao longo de elevados tempos de detenção, da ordem de dias. Em lagoas aeróbias ou em lagoas facultativas, as bactérias convertem a matéria orgânica em dióxido de carbono, enquanto que as algas utilizam esse substrato inorgânico e, através da fotossíntese, geram grande quantidade de oxigênio dissolvido que, por sua vez, é utilizado pelas bactérias aeróbias. Já nas lagoas de maturação o objetivo não é mais a remoção de matéria orgânica, mas sim a redução ou eliminação de microrganismos patogênicos. Essa remoção é alcançada por diversos processos que ocorrem nas lagoas: sedimentação, radiação solar, elevados valores de pH, toxicidade causada pelas algas, presença de predadores, tempo de permanência, dentre outros (CEBALLOS, 2001; MENDONÇA, 2001).

É importante observar que, a composição e a concentração da contribuição de esgotos sanitários de uma comunidade dependem muito de sua economia, dos hábitos alimentares, da qualidade e quantidade de água consumida. De uma forma geral, a maior parte dos esgotos sanitários domésticos é composta de água, numa proporção que chega a 99,9 % de água. O restante é composto por sólidos orgânicos (cerca de 70 %), inorgânicos (cerca de 30 %), suspensos e dissolvidos (VON SPERLING, 2005). Além disso, os esgotos sanitários são ricos em macro e micronutrientes para as plantas, como resultado da própria dieta humana e de restos de cozinha. A matéria orgânica presente atua como condicionador do solo, elevando a

ocorrência de espaços vazios, resulta em melhor aeração e menor densidade, favorece a drenagem das águas, a aeração dos sistemas radiculares e seu desenvolvimento. Facilita a absorção dos nutrientes pelas raízes em função da elevada capacidade de troca de cátions (BASTOS, 2003).

Porém, deve-se preocupar com alguns possíveis efeitos negativos associados ao considerável aumento na exploração da terra com a utilização da tecnologia de irrigação. O manejo inadequado da irrigação com esgotos sanitários pode resultar em sérios riscos a saúde, efeitos deletérios no solo e nas plantas e em impactos ambientais, como a lixiviação de poluentes e a contaminação e poluição das águas subterrâneas (MANCUSO, 2003). Pois, pode ocorrer o acúmulo de poluentes no solo, dependendo das características dos esgotos levando à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas. Para a redução dessa possibilidade a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominantemente doméstica (MOTA; BEZERRA; TOMÉ, 1997). Todavia, atualmente mesmo esses despejos estão carregando novas substâncias, advindas do modo de vida das sociedades atuais e dos produtos farmacêuticos e cosméticos consumidos. São chamados de micropoluentes, por estarem presentes em concentrações na ordem de $\mu\text{g.L}^{-1}$ e ng.L^{-1} , o que já é suficiente para causar efeitos adversos aos organismos expostos. Fazem parte deste grupo de micropoluentes os desreguladores (disruptores) endócrinos e os poluentes orgânicos persistentes, vários estudos foram feitos por diversos países na maioria desenvolvidos e de regiões de clima temperado, com foco em sistemas de tratamento de esgotos por lodo ativado, buscando encontrar técnicas eficazes para a eliminação destas substâncias. No Brasil os estudos relativos ao monitoramento dos micropoluentes emergentes nos corpos hídricos e matrizes ambientais ainda são incipientes e no caso específico de lagoas de estabilização também é escasso (BILA; DEZOTTI, 2007; SOUZA, 2011; AMÉRICO et al., 2012). Estudos estes, que são primordiais para orientar as políticas públicas, devido à necessidade de sistemas de saneamento nas cidades brasileiras, que em função de seu clima tropical pode utilizar os tratamentos por lagoa de estabilização por serem de baixo custo de instalação e manutenção.

Pelo descrito e solicitado na legislação, faz-se importante o conhecimento e monitoramento das características do solo “visando o manejo adequado do solo e da água” a fim de se acompanhar a “mudança na dinâmica evolutiva natural dos solos”, tendo em vista, que estas interferências “frequentemente [podem], ocasionar a degradação das propriedades físicas e químicas, comprometendo a sustentabilidade do sistema produtivo” (RIBEIRO,

2010, p. 171). Mas, o que faz toda essa dinâmica físico-química do solo ocorrer é a vida contida neste, ou seja, macro e microrganismos, estes sim são os responsáveis pela formação do solo em si, ciclagem dos nutrientes e na degradação de qualquer substância afluente. Portanto, além do acompanhamento das características abióticas do solo faz-se necessário o devido monitoramento das propriedades biológicas e bioquímicas. A fauna microbiana é sensível ao aporte de qualquer matéria e pode-se eficazmente verificar a resposta através de análises que mensuram a biomassa microbiana e indicam sua atividade metabólica e assim modelar predições que apontem as condições de sustentabilidade do solo, a fim da manutenção do equilíbrio ecológico e da capacidade produtiva deste (STEFANI, 2010; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; REIS JUNIOR; MENDES, 2007; SILVEIRA; FREITAS, 2007).

2.3 RISCOS À SAÚDE NO EMPREGO DE ÁGUA DE REUSO

Os riscos de contaminação por patógenos e substâncias químicas durante o uso desta água e em função do consumo de alimentos irrigados tem sido uma preocupação da OMS. Portanto, é necessário avaliar os aspectos sanitários dessas práticas, principalmente quanto à propagação de patógenos (DALTRO FILHO, 2004). Desta forma, esta organização tem estabelecido metas para proteger a saúde humana, através da recomendação dos níveis aceitáveis de contaminantes em águas servidas a serem aproveitadas para a agricultura (WHO, 2006).

De 1973 a 2006 estes níveis foram reduzidos, em primeira instância pela superestimação dos riscos, o que exigia processos avançados e de alto custo para a obtenção de um efluente do tratamento de esgotos domésticos com a qualidade recomendada. Tendo em vista estas condições, vários países em desenvolvimento simplesmente ignoravam estes padrões, excessivamente restritivos e alguns até mantinham o estímulo para o uso de esgoto bruto na irrigação. Assim, o atual manual publicado em 2006, estabelece níveis de contaminação aceitáveis considerados adequados e factíveis economicamente para os países em desenvolvimento (SIMPÓSIO, 2012).

Segundo a OMS (WHO, 2006), estudos epidemiológicos sobre irrigação com esgoto não tratados ou tratados inadequadamente em culturas agrícolas resulta em risco elevado de aquisição de doenças intestinais por vermes e bactérias, sendo baixo, contudo, o risco com relação a vírus. Entretanto, a Food and Agriculture Organization (FAO, 1992), destaca que a maioria desses riscos é decorrente de tratamentos insuficientes das águas residuária, o que expõe a saúde dos trabalhadores envolvidos na irrigação e os consumidores dos alimentos produzidos.

Shuval et al. (1986 apud BASTOS, 2003), elaboraram a seguinte classificação para os microrganismos patogênicos em ordem decrescente, segundo sua probabilidade de impor riscos atribuíveis à irrigação com esgotos sanitários.

Alto risco – helmintos, nematoides intestinais humanos;

Médio risco – bactérias e protozoários;

Baixo risco – vírus.

A OMS (WHO, 2006) faz recomendações sobre a qualidade do efluente a ser aplicado na agricultura, na irrigação restrita e irrestrita. A irrigação restrita se refere à irrigação de todas as culturas, exceto aquelas consumidas cruas, e irrigação irrestrita se refere à irrigação de todas as culturas, incluindo aquelas consumidas cruas (MARA; KRAMER, 2008). Nas diretrizes da OMS (WHO, 2006), o esgoto sanitário a ser aplicado na agricultura deve conter, em termos de patógenos, os seguintes limites para:

- Irrigação restrita:
 - $\leq 10^5$ E. coli por 100 mL,
 - ≤ 1 ovo de nematoide intestinal humano por litro (reduzido para $\leq 0,1$ ovo por litro, quando há exposição de crianças menores de 15 anos).
- Irrigação irrestrita:
 - ≤ 1000 E. coli por 100 mL, e
 - ≤ 1 ovo de nematoide intestinal humano por litro (reduzido para $\leq 0,1$ ovo por litro, quando há exposição de crianças menores de 15 anos).

Esses helmintos que a OMS se refere são: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*. A interrupção da irrigação com esgoto duas

semanas antes da colheita é uma medida eficiente na contaminação da cultura, reduzindo ainda mais os riscos à saúde (WHO, 2006). “No entanto, a descoberta de novos patógenos e o desenvolvimento de estudos em microbiologia da água para consumo alertaram para uma reavaliação da ocorrência de bactérias, vírus e parasitas potencialmente patogênicos na água” (MARTINELLI, 2007, p. 304). Na verdade, muitos desses não são “novos”, somente não eram detectados pelos métodos, ou se tornaram potencialmente prejudiciais à saúde humana, em função de novas condições ambientais de origem antropogênica. Atualmente deve-se dar importância a bactérias como: *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* patogênica, *Yersinia enterocolitica* e cianobactérias produtoras de toxinas; novas viroses entéricas e os parasitas *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium parvum* (MARTINELLI, 2007).

Contudo, deve-se considerar como bem salientado por Hespanhol (2003), que a mera presença de organismos patogênicos em esgotos, solo ou culturas não significa deterministicamente, a transmissão de doenças. Isso é devido às barreiras protetoras, providenciadas por fatores característicos dos microrganismos (dose efetiva, persistência, carga residual, latência etc.), dos hospedeiros (imunidade natural ou adquirida, idade e sexo, condições gerais de saúde) e outros fatores, que fazem com que o risco real de provocar doenças seja, geralmente, muito inferior ao risco potencial, caracterizado pela mera constatação da presença de organismos patogênicos.

Diversos dispositivos de tratamento de esgotos são utilizados para remoção de matéria orgânica e microrganismos patogênicos, porém, através de estudos realizados, foi constatada a elevada eficiência em sistemas compostos por lagoas de estabilização, onde são reconhecidas por excelente remoção, dentre outros parâmetros, de microrganismos fecais, sendo, portanto propícias ao tratamento de águas residuária quando o reuso na agricultura é considerado. Lagoas de estabilização possuem ainda grande vantagem de ser o único sistema natural de acordo com as diretrizes estabelecidas pela OMS (WHO, 2006), tanto para a irrigação restrita, bem como irrestrita, principalmente sendo observada a remoção de microrganismos patogênicos.

Segundo Pelczar; Chan e Krieg (1997), os microrganismos estão intimamente associados com a disponibilidade, a abundância e a qualidade do alimento para consumo humano. Os alimentos são facilmente contaminados com microrganismos no ambiente, durante a manipulação e o processamento. Após ter sido contaminado, o alimento serve como meio para a multiplicação de microrganismos. Se esses microrganismos tiverem condições de

se multiplicarem, podem mudar as características físicas e químicas do alimento e podem causar sua deterioração. Os microrganismos no alimento podem também ser responsáveis por intoxicações e infecções.

As bactérias são os principais microrganismos constituintes da microbiota em hortaliças. Isso ocorre, pois, o valor do pH encontrado nesse tipo de alimento (5,0-6,5) favorece a multiplicação destes microrganismos em relação à multiplicação dos bolores e leveduras (KING et al., 1991). Dessa forma, a população de microrganismos mesófilos presente nos vegetais pode ser tão elevada quanto 10^9 UFC.g⁻¹, mas geralmente fica entre 10^4 e 10^6 UFC.g⁻¹. Esta variabilidade ocorre em função das condições climáticas, da presença de animais e de insetos ou da injúria no próprio vegetal (NGUYEN-THE; CARLIN, 1994).

Os microrganismos patogênicos e deteriorantes podem contaminar os vegetais durante a pré e pós-colheita. Durante a pré-colheita, os principais focos de contaminação são: o solo, a água de irrigação, a água utilizada para aplicar fungicidas e inseticidas, a poeira, os insetos, a compostagem inadequada, os animais domésticos e selvagens e a manipulação humana. As fontes de contaminação pós-colheita incluem manipulação humana, equipamentos de colheita, embalagens de transporte, animais, insetos, poeira, água de lavagem, gelo, veículos de transporte e equipamentos durante o processo (BRACKETT, 1999; BEUCHAT, 2002).

Entretanto, a partir de resultados promissores obtidos em estudos realizados nesta instituição (MENDONÇA et al.; 2005; CARVALHO, 2013; SANTOS FILHO, 2013; DANTAS, 2011), há expectativas de se prover recomendações técnicas que permitam a flexibilização da legislação vigente, reduzindo-se as restrições nos parâmetros de qualidade da água de reuso empregada na agricultura.

2.4 SITUAÇÃO DA NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA PARA A PRÁTICA DO REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

A utilização de águas servidas, em estado bruto, como fonte hídrica e de nutrientes para as plantações é uma prática milenar e ainda costumeira em alguns países, com significativa expressão na China, Vietnam e México. Porém, foi após a Segunda Grande

Guerra Mundial que as preocupações relacionando água à saúde pública ao saneamento básico e o incremento da escassez de água tomou a dimensão mundial (SIMPÓSIO, 2012).

Hespanhol (2008, p. 139) nos recorda que:

Antevendo, precocemente, a necessidade de modificar políticas ortodoxas de gestão de recursos hídricos, especialmente em áreas carentes, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (United Nations, 1958) propôs, em 1958, que ‘a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior’.

Esta proposição à época apontava a necessidade de modificar o paradigma da “política de importar água de bacias cada vez mais distantes” à medida que as fontes próximas se tornavam insuficientes para a demanda e/ou eram poluídas (HESPANHOL, 2008, p. 133). Mas, também estava relacionada com o crescente entendimento da água como um bem público e com valor.

No Brasil, o primeiro evento normativo em busca do estabelecimento deste entendimento se deu com o Decreto 24.643 em 10 de Julho de 1934, que aprovou o Código de Águas Brasileiro. Este ocorreu “em meio à crise econômica de fins do século XIX e início do século XX, centrada na troca do modelo econômico - de agrário para industrial”, e, assim, o código denotava especificamente a preocupação econômica na exploração dos recursos hídricos para a geração de energia elétrica (CETESB, 2001, não paginado).

O fim da Segunda Grande Guerra Mundial também trouxe à tona as preocupações com as questões ambientais, evidenciando a finitude e a premência da conservação dos recursos naturais. No caso dos recursos hídricos a primeira discussão de âmbito internacional foi a Conferência das Nações Unidas sobre a Água, realizada em Mar del Plata no mês de março de 1977. A recomendação que encerra representativamente o resultado desta conferência é:

Cada país deve formular e analisar uma declaração geral de políticas em relação ao uso, à ordenação e a conservação da água, como marco de planejamento e execução de medidas concretas para a eficiente aplicação dos diversos planos setoriais. Os planos e políticas de desenvolvimento nacional devem especificar os objetivos principais da política sobre o uso da água, a qual deve ser traduzida em diretrizes e estratégias, subdivididas, dentro do possível, em programas para o uso ordenado e integrado do recurso (ANA, 2002, p. 12).

Esta recomendação direcionou o corpo técnico governamental e associações como: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) e Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), entre outras, a fazer propostas para a Assembleia constituinte, resultando diretamente na inclusão do inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal de 1988, no qual, se define a competência à União de instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e os critérios de outorga de direitos de uso da água (ANA, 2002).

A partir deste ponto a sociedade civil e órgãos governamentais iniciam o processo para que se alcançasse o estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos a fim de efetivar os ditames da Constituição.

Neste interim, ocorre a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin, realizada em janeiro de 1992. Da qual a sua Declaração se torna um marco internacional na modernização dos sistemas de gestão, tendo como destaque a afirmativa que:

A escassez e o desperdício da água doce representam sérias e crescentes ameaças ao desenvolvimento sustentável e à proteção ao meio ambiente. A saúde e o bem-estar do Homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornarem realidade na presente década, de forma bem mais efetiva do que tem sido no passado (ANA, 2002, p. 21).

E também os seus quatro princípios:

1. As águas doces são um recurso natural finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente. A gestão da água deve ser integrada e considerado seu todo, quer seja a bacia hidrográfica e/ou os aquíferos.
2. O desenvolvimento e a gestão da água deve ser baseada na participação de todos, quer sejam usuários, planejadores e decisores políticos, de todos os níveis.
3. As mulheres têm um papel central na provisão e proteção da água.
4. A água é um recurso natural dotado de valor econômico em todos seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico (ANA, 2002, p. 22).

Tendo a Declaração de Dublin recebido a ratificação pela ECO-92, e ainda por influência de outros tratados e acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário, obteve-se, por fim, em 8 de janeiro de 1997 a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei 9.433.

O ponto de partida para a análise da situação normativa brasileira para a prática do reuso de água na agricultura é a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei n.º 9.433 de 1997. Nesta não consta de forma explícita o termo: reuso da água ou outro similar. Pois, de fato o que se tem na PNRH (BRASIL, 1997) é o objetivo da “utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável”. O termo utilização racional é o que abarca o reuso de água em todas as suas possíveis aplicações, inclusive para a irrigação da agricultura.

A PNRH também indica no inciso IV do art. 7º, que os Planos de Recursos Hídricos devem conter as metas de racionalização de uso e que a cobrança pelos recursos hídricos deve incentivar a racionalização do uso da água, como previsto no inciso II do art. 19 (BRASIL, 1997).

Apesar de Machado (2006, p. 444) concordar que “a racionalidade dessa utilização deverá ser constatada nos atos de outorga dos direitos de uso e nos planos de recursos hídricos” e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) afirmar que:

A cobrança, além de constituir uma fonte de financiamento do sistema e ter um caráter educativo, faz parte de instrumentos econômicos a serem implementados para, junto aos instrumentos normativos, levar as atividades produtivas e o saneamento urbano a se desenvolverem e adotar técnicas de uso, reuso de água e de tratamento de lançamentos de rejeitos (MMA, 2006, p. 66).

O reuso de água, como em outros países, necessita de normas específicas. Assim, Hespanhol (2003) destacava a importância de institucionalizar, regulamentar e promover o reuso de água no Brasil, incentivando-se que a prática se desenvolva de acordo com ferramentas tecnológicas adequadas, economicamente viável, socialmente aceita e segura, em termos de preservação ambiental e de proteção dos grupos de riscos envolvidos. As possibilidades e formas de reuso dependem das características, condições e fatores locais, como decisões políticas, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores

econômicos, sociais e culturais. Ademais, Christofidis (2005 apud MMA, 2006, p. 88-89) afirmava que:

As principais recomendações no campo legal, institucional e tecnológico para a agricultura irrigada, nas diversas regiões hidrográficas são:
[...] Apoio a pesquisas em equipamentos e manejo, sistemas de produção, reuso de água e impactos ambientais na agricultura irrigada, com destinação de recursos do CT-HIDRO;
Apoio à elaboração e consolidação de resoluções, orientativos e legislação sobre irrigação e drenagem e sobre reuso de água na irrigação;

Assim, a fim de atender as várias recomendações de âmbito internacional e os previstos na PNRH, o processo de regulamentação foi iniciado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, na Resolução n.º 54 de 28 de novembro de 2005, estabelecendo as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, onde se destaca: a proposição dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos da cobrança para a criação de incentivos na prática de reuso a serem geridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e a determinação de que devem ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reuso, em especial os aspectos sanitários e ambientais (BRASIL, 2005b).

Porém, esta resolução, ainda era muito ampla e não tratava especificamente da prática do reuso para a agricultura. Foi necessária a espera de mais 5 anos para que fosse publicada a Resolução n.º 121 de 16 de dezembro de 2010, estabelecendo diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, determinando que a prática não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública, com específica preocupação com o solo, ao prescrever que as concentrações recomendadas de elementos e substâncias químicas neste, para todos os tipos de reuso para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente e que a caracterização e o monitoramento periódico do solo que recebe a água de reuso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente (BRASIL, 2010).

Esperava-se que esta normativa flexibilizasse e aproximasse os critérios de qualidade da água de reuso àqueles preconizados pela WHO (2006), considerando-se que o Brasil, em termos de saneamento público ainda é um país em desenvolvimento. Porém, foram mantidos

os critérios apontados pela RESOLUÇÃO nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que 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 (BRASIL, 2005a) e estabelece que:

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros

Estes critérios ainda são obstáculos para o desenvolvimento da prática do reuso de água para a agricultura no Brasil. Pois, enquanto a OMS (WHO, 2006) recomenda para irrigação irrestrita um limite ≤ 1000 E. coli por 100 mL, este é o limite considerado para a irrigação restrita na resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005a). Assim, fica inviabilizada a utilização de lagoas de estabilização, que são reconhecidas pela OMS (WHO, 2006) como um sistema natural eficaz e econômico para o tratamento de esgotos domésticos destinados para a irrigação restrita, bem como irrestrita, principalmente sendo observada a remoção de microrganismos patogênicos. Na situação normativa brasileira para atender a estes limites de coliformes termotolerantes são necessários processos avançados de tratamento de águas residuárias, o que está fora da realidade de um país que muito ainda tem que investir em saneamento público.

Considera-se então que a situação normativa brasileira ainda é contraditória, pois por um lado indica o incentivo e a promoção da prática do reuso de água para a agricultura, porém, a restringe em função de critérios de qualidade da água que são parâmetros inviáveis para as condições de infraestrutura e econômicas. Desta forma, muito se tem que produzir

cientificamente, e atuar em termos de educação ambiental, a fim de suportar a mudança destes critérios.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no perímetro irrigado Betume, que segundo a CODEVASF (2005) está em operação desde 1977, encontra-se na região do vale do Baixo São Francisco, a 35 km da sua foz, entre os municípios de Ilha das Flores, Neópolis e Pacatuba- SE (Figura 1). As principais fontes hídricas na área de irrigação é o rio São Francisco e o rio Betume. A drenagem do sistema tem como duto principal o leito natural do riacho Poções, que foi barrado, pelo projeto, para esta finalidade.

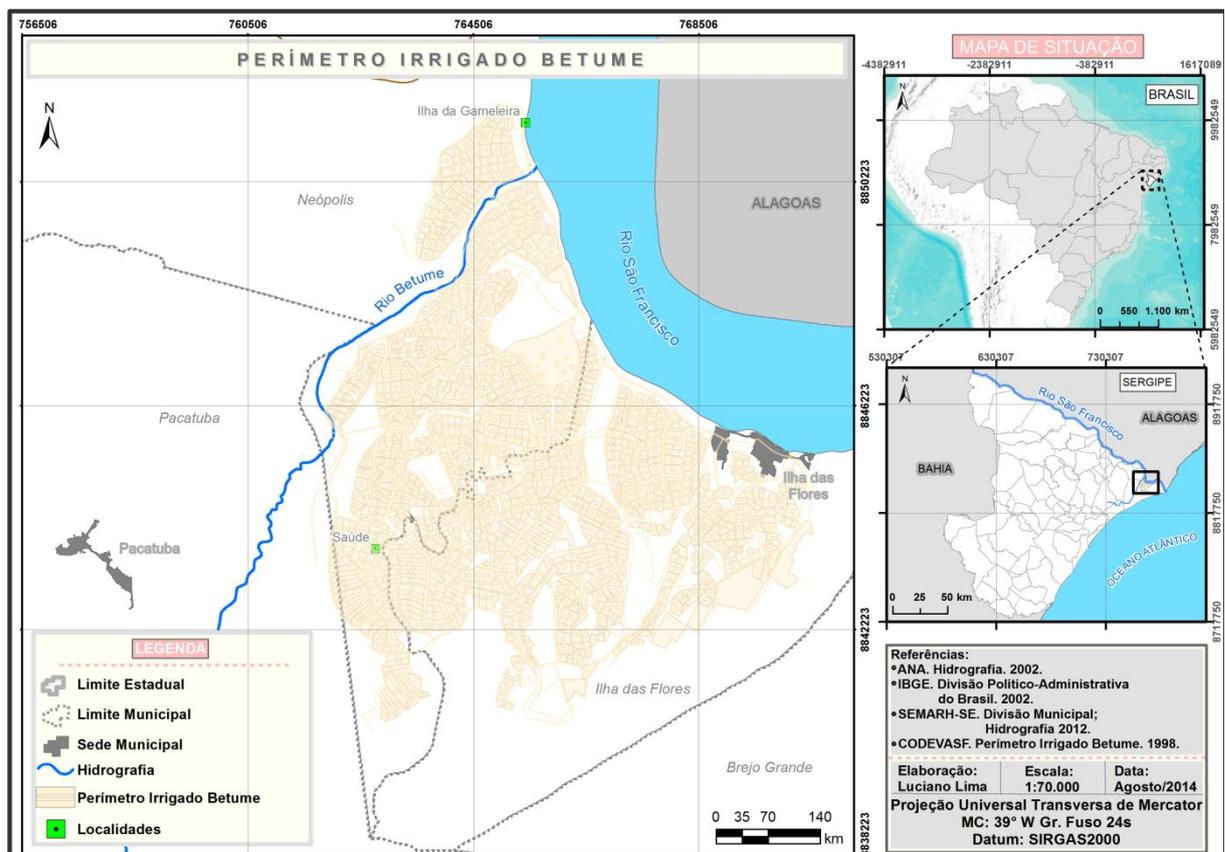


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: LIMA, L. Projeto Águas do São Francisco, 2014.

Do total de 6.698 ha do perímetro, cerca de 2.860 ha são de área irrigável, possíveis pela existência de 148 km de canais de irrigação; 134 km de dutos (artificiais e naturais) de drenagem da água e 9 estações de bombeamento, sendo a de Ilha das Flores (EB-01), instalada nas coordenadas: Longitude $36^{\circ}31'57,98''$ W e Latitude $10^{\circ}26'08,64''$ S - indicada na figura 2 pelo ponto A; e do Serrão (EB-09) instalada nas coordenadas: Longitude $36^{\circ}33'47,10''$ W e Latitude $10^{\circ}25'13,00''$ S – indicada na figura 2 pelo ponto B; as duas de maior capacidade de adução (somadas representam cerca de 51 %) e drenagem (somadas representam cerca de 75 %), e as duas têm sistema de comportas que permitem a recirculação da água de drenagem, podendo trabalhar em regime de diluição com a água por elas captada do rio São Francisco. A estação (EB-05), instalada nas coordenadas: Longitude $36^{\circ}35'18,84''$ W e Latitude $10^{\circ}24'35,66''$ S – indicada na figura 2 pelo ponto C, tem adução e drenagem emparelhadas sem sistema de comportas, porém, o ponto de saída da drenagem está a montante do ponto de adução, assim, a recirculação só ocorre a partir da diluição no canal de captação, quando as duas vias são acionadas concomitantemente. As demais são isoladas, sendo 4 de captação e 2 de drenagem (CODEVASF, 2005).

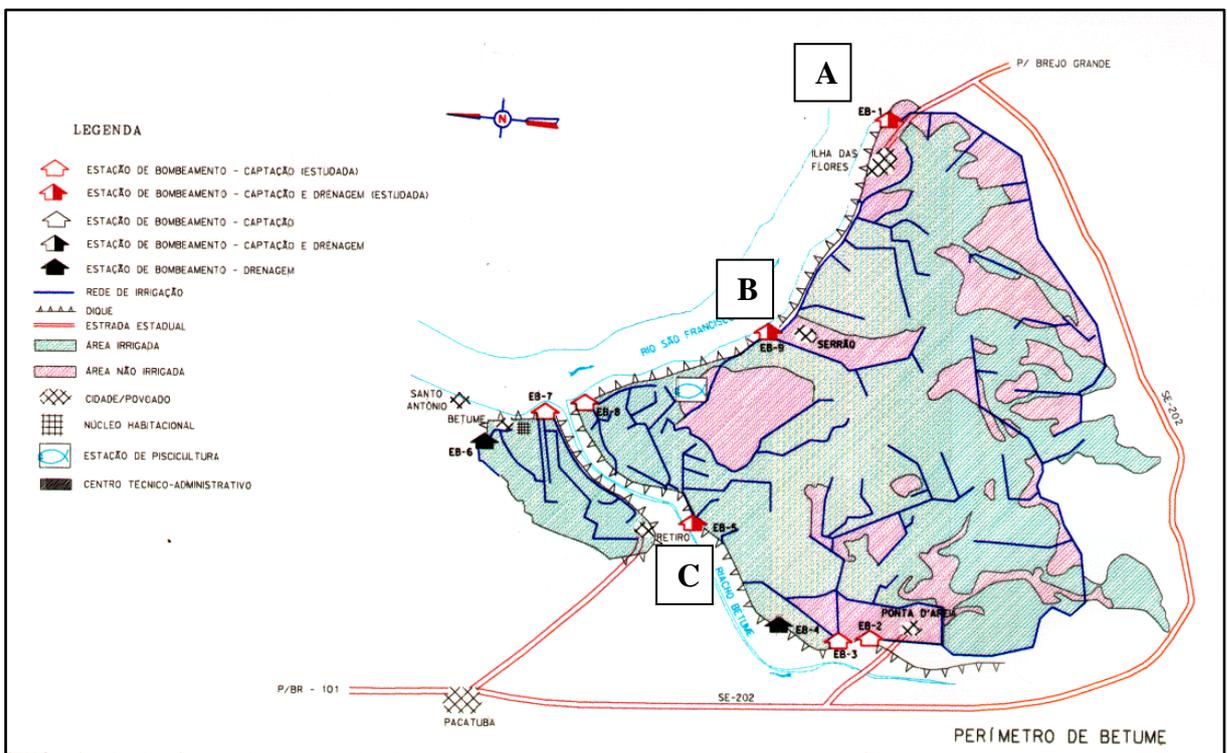


Figura 2 - Desenho esquemático com a localização das estações de bombeamento do Perímetro Irrigado Betume. Fonte: CODEVASF, 1988

O perímetro irrigado Betume gera cerca de 3.000 empregos diretos e 4.600 empregos indiretos com a produção de arroz (principal cultura) em sistema de irrigação por inundação (CODEVASF, 2013). O método de irrigação por inundação é o principal do perímetro embora existam pequenas áreas irrigadas por aspersão convencional, e de sequeiro e também destinadas à pecuária e piscicultura. Sendo estas atividades distribuídas em 764 lotes, dentre os quais, há lotes totalmente paralisados devido a problemas como infraestrutura de uso comum, salinização e baixa fertilidade dos solos, entre outros. Contudo, o número total de irrigantes é de 696, dado que 50 deles possuem dois lotes e 3 deles possuem três lotes (CODEVASF, 2005).

Dentro do perímetro está instalada a sede da cidade de Ilha das Flores e mais 12 povoados, sendo estes: Betume, Tapera e Alto do Santo Antônio, no município de Neópolis; Serrão, Bolívar, Bongue, Jenipapo, Aroeira e Cajueiro Vermelho, pertencentes ao município de Ilha das Flores e Ponta da Areia, Poções e Siqueira, no município de Pacatuba. Destacam-se os seguintes fatos: não há rede de coleta e tratamento de esgotos e que 70 % dos efluentes, proveniente da cidade de Ilha das Flores, são despejados no leito da drenagem próximo à EB-01 (CODEVASF, 2005).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza por ter sido realizada diretamente no campo, no intervalo temporal de março a novembro de 2014 para a coleta dos dados primários. De tal forma, que as finalidades de exploração, descrição e explicação se conjugaram. Os dados primários foram obtidos pela aplicação de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como: mensuração de parâmetros físico-químicos e microbiológico; formulário de pesquisa; entrevistas semiestruturadas e observação sistemática, permitindo registrar, analisar e classificar os dados, ora interpretando-os, ora compreendendo-os, e assim, possibilitando a descrição e explicação dos fenômenos, tanto de natureza qualitativa, quanto quantitativa. Os dados secundários foram explorados através da revisão de documentos, literaturas e consultas com representantes do local e das diversas instituições que lá atuam direta e indiretamente, possibilitando, além de maior familiaridade com o problema, também a verificação e atualização das informações de caracterização da área de estudo.

3.3 DADOS PRIMÁRIOS

3.3.1 Classificação das fontes de contaminação e poluição

Com a finalidade de se classificar as fontes de contaminação, agentes bióticos, e de poluição, agentes abióticos, que possivelmente estão degradando a qualidade da água de drenagem, foi utilizada a técnica da caminhada transversal em companhia de informantes locais, por toda a área do perímetro, entre os meses de março e novembro de 2014, que de acordo com Verdejo (2006) e Souza (2009) é o simples “andar” pela comunidade, objetivando conhecê-la. Os dados coletados foram registrados em diário de campo e por registro fotográfico.

Durante as caminhadas, além da escuta sensível dos relatos dos informantes, o pesquisador observou e registrou suas percepções, baseando-se nos conhecimentos a priori, sobre fontes de contaminação e poluição e quando adequado utilizou de diálogo informal com moradores e trabalhadores para complementar ou confirmar indícios visualizados.

A classificação das possíveis fontes se deu pelo estabelecimento de 3 graus de severidade: evidentemente possível; medianamente possível e possibilidade remota. Como se apresenta no quadro 1, a classificação estabelecida para resíduos sólidos e no quadro 2, para os efluentes de esgoto sanitário doméstico e agroindustrial. Não houve necessidade de estabelecer outras fontes, tendo em vista que não foram identificadas no campo de pesquisa.

Classificação	Poluição e contaminação
Evidentemente possível	Disposição dos resíduos sólidos em área, dentro do perímetro, não projetada e sem controle adequado. Ausência ou ineficiência de coleta sistemática e regular dos resíduos.
Medianamente possível	Há coleta sistemática e regular e disposição em aterro controlado.
Possibilidade remota	Há coleta sistemática e regular e disposição em aterro sanitário homologado.

Quadro 1 - Classificação de contaminação e poluição por resíduos sólidos.

Fonte: Elaborado para esta pesquisa, 2014.

Classificação	Poluição	Contaminação
Evidentemente possível	Ocorrência de atividade industrial, comercial, agrícola ou prestação de serviços com o emprego de substâncias que apresentam as características de corrosividade, reatividade, explosividade e toxicidade, em que não se observa a existência de estação de tratamento de efluente ou disposição controlada do despejo.	Ocorrência de despejo de esgotos de origem doméstica in natura ou de qualquer outra atividade, com potencial descarga de matéria orgânica ou de patogenicidade sem qualquer tipo de tratamento prévio.
Medianamente possível	Há indícios de disposição controlada do despejo.	Há indícios de disposição controlada do despejo.
Possibilidade remota	Não ocorrem as atividades, ou se constata a existência de estação de tratamento de efluente ou disposição controlada do despejo.	Não ocorrem as atividades, ou se constata a existência de estação de tratamento de efluente ou disposição controlada do despejo.

Quadro 2 - Classificação de contaminação e poluição por efluente de esgoto sanitário e agroindustrial.
Fonte: Elaborado para esta pesquisa, 2014.

Estas informações foram úteis, tanto no melhoramento da caracterização da área de estudo, quanto suporte na discussão dos resultados dos outros objetivos.

3.3.2 Qualidade da água de drenagem

A mensuração dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água de drenagem em reuso direto no perímetro irrigado Betume permitiu verificar o atendimento da Resolução CONAMA 357/2005 quanto ao enquadramento deste corpo hídrico para a atividade de irrigação de cerealíferas, que está compreendida na Classe 3 (BRASIL, 2005) e avaliar a adequabilidade da água à irrigação da cultura do arroz (SILVA; SOARES; GHEYI, 2013), possibilitando indicar as necessidades de tratamento antes do reuso desta água.

Foram determinados dois pontos, georreferenciados (GPS Garmin MAP 62sc), para a coleta de amostras de água da drenagem, devido à prática do reuso sistemático ocorrer efetivamente em apenas duas das estações de bombeamento. Estes pontos estão a cerca de 50 metros a montante das estações de bombeamento nas coordenadas indicadas no quadro 3.

Ponto	Descrição da localização	Coordenadas
P1	Duto principal de drenagem da Estação de bombeamento de Ilha das Flores (EB-01) indicado na figura 3.	Longitude 36°53'33,72" W Latitude 10°43'70,49" S
P2	Duto principal de drenagem da Estação de bombeamento do Serrão (EB-09) indicado na figura 4.	Longitude 36°56'29,53" W e Latitude 10°42'09,90" S

Quadro 3 - Descrição da localização dos pontos de coleta de água de drenagem.
Fonte: Elaborado para esta pesquisa, 2014.



Figura 3 - Ponto 01 de coleta de água de drenagem para análises.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.



Figura 4 - Ponto 02 de coleta de água de drenagem para análises.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

O período da safra de arroz no perímetro irrigado Betume ocorre entre os meses de agosto e março que compreende o período em que a safra principal e a safrinha³ são colhidas durante a época de estiagem, pois a estação chuvosa, de março a julho, não propicia ganhos monetários para a rizicultura na região. Assim, realizou-se o monitoramento da qualidade da água de drenagem durante os três meses de maior atividade de plantio da safra principal, em intervalos aproximados de 30 dias, portanto as coletas de amostras da água de drenagem ocorreram nos dias 23/09/2014; 19/10/2014 e 18/11/2014. Correspondendo a três amostras de cada ponto.

As análises foram realizadas pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas de Sergipe (ITPS), e os parâmetros físico-químicos determinados, de acordo com as metodologias empregadas pelo instituto, foram: pH; turbidez; sólidos totais dissolvidos; oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); cloretos; nitrato; nitrito; amônia; sulfatos; cálcio, magnésio, sódio, potássio; bicarbonatos, carbonatos, fósforo; chumbo; ferro; alumínio; bário; níquel; cádmio; cobre; manganês; cromo; zinco e boro. O parâmetro microbiológico foi coliformes termotolerantes. Utilizou-se o programa Qualigraf para tratamento dos dados relativos à irrigação (MÖBUS, 2014).

3.3.3 Aceitabilidade do reuso de água

Tendo em vista que vários projetos de reuso de água no mundo fracassaram pelo simples fato de não ocorrer a aceitação do público envolvido (HESPANHOL; PROST, 1994), é de extrema importância conhecer a opinião de todos os agricultores do perímetro do Betume, tanto os que atualmente recebem água de drenagem recirculada para irrigar os seus lotes, quanto os demais que continuam recebendo apenas água captada do rio São Francisco ou do rio Betume, pois, no futuro esta prática pode ser estendida a toda população. Portanto, nesta pesquisa foi aplicado um formulário de pesquisa (vide apêndice A), inquirindo o grau de aceitação ou recusa do agricultor.

³ Durante a colheita mecanizada da área plantada, ocorre a queda de grãos do arroz no solo. Então, sem realizar o processo de preparação do solo e semeadura, inunda-se o lote a fim de que estes grãos germinem e produzam, em um ciclo menor, a segunda colheita, que é denominada de safrinha ou “soca”.

Este grau de aceitação ou recusa foi identificado a partir da adaptação da escala de Likert (AMARO; PÓVOA; MACEDO, 2009) com uma série de cinco proposições, das quais o inquirido selecionou uma, conforme apresentado no quadro 4. Os dados coletados foram organizados graficamente e analisaram-se as tendências por estatística descritiva, de forma a se obter os níveis de interação de (entre) irrigantes.

Grau	Proposição
5	Aceito totalmente
4	Aceito com restrições
3	Indiferente
2	Recuso mas utilizo
1	Recuso totalmente

Quadro 4 - Grau de aceitação e recusa com as proposições.
Fonte: Adaptação da escala de Likert (AMARO; PÓVOA; MACEDO, 2009).

Conforme prescrito por Barbetta (1999), a aplicação do formulário se deu em uma amostra simples e aleatória da população finita em tela de 696 produtores de arroz, com erro experimental de no máximo 10 %, utilizando-se as seguintes equações:

$$N_o = \left(\frac{1}{E_o}\right)^2; \text{ e } N = \frac{N_o \times P}{N_o + P}, \text{ sendo:}$$

E_o = o erro experimental;

N_o = a amostra adimensional;

P = a população; e

N = a amostra final.

Têm-se:

$$N_o = \left(\frac{1}{E_o}\right)^2 \rightarrow N_o = \left(\frac{1}{0,10}\right)^2 \rightarrow N_o = 100$$

$$N = \frac{N_o \times P}{N_o + P} \rightarrow N = \frac{100 \times 696}{100 + 696} \rightarrow N = \frac{69600}{796} \rightarrow N \cong 87,4 \rightarrow 88 \text{ produtores de arroz}$$

Não obstante, saber este grau de aceitação sem buscar compreender as fontes basais em que se apoiam os irrigantes para proferir estas opiniões, pode promover, análise equivocada do contexto e tomada de decisões futuras, que não terão aderência e conseqüentemente levando ao fracasso do projeto de solução a ser estabelecido. Assim, realizou-se concomitantemente com a coleta de opiniões por formulário de pesquisa, a entrevista semiestruturada, que indagou sobre as razões das ações dos atores e sua justificativa à proposição escolhida.

Estes momentos foram registrados por gravador de voz e/ou diário de campo, e interpretados e qualificados através dos procedimentos da análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Segundo Moraes e Galiuzzi (2011, p. 11) “[...] a pesquisa qualitativa pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga” e não comprovar ou refutar hipóteses, “[...] a intenção é a compreensão, reconstruir conhecimentos existentes sobre os temas investigados”. Para tal, os pesquisadores têm recorrido constantemente às ferramentas de análises textuais. Os textos, alvos de análise, ou são escritos existentes ou são produzidos durante a coleta de dados no emprego da entrevista e da observação do pesquisador.

A análise textual discursiva “pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem a partir de uma sequência recursiva de três componentes”: primeiro a fragmentação do texto em enunciados referentes aos fenômenos estudados (unitarização), segundo o estabelecimento de relações entre as unidades (categorização) e por fim a expressão das compreensões emergentes através do metatexto produzido, no qual se descreve e interpreta o fenômeno pesquisado (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 12).

3.4 DADOS SECUNDÁRIOS

A fim de aprofundar os conhecimentos relativos às origens da problemática da pesquisa, e de verificar e atualizar as informações de caracterização da área de estudo, foram consultados e analisados documentos e literaturas pertinentes, por meio eletrônico e físico, e

realizou-se entrevistas semiestruturadas com informantes identificados no local, representantes do DIB e outras lideranças, como também de Órgãos Públicos como: Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e Prefeitura Municipal de Ilha das Flores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS FONTES DE POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO

O caminhar pelo perímetro do Betume resultou na constatação de que as demandas apontadas no “Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASF” (CODEVASF, 2005), estão em processo de adequação no local, porém a não conclusão dos relatórios de monitoramentos de solo, água, entre outros e de obras de saneamento básico mantém as condições diagnosticadas no ano de 2005 praticamente no mesmo estágio.

A ausência de saneamento básico torna os resíduos domésticos gerados pela população residente na sede da cidade de Ilha das Flores e dos outros doze povoados existentes dentro da área do perímetro, fontes evidentes de poluição e contaminação da água e do solo. Destacando-se o abastecimento de água tratada, o esgotamento sanitário domiciliar e a coleta e disposição de resíduos sólidos.

4.1.1 Abastecimento de água tratada

Nos três povoados pertencentes à cidade de Neópolis: Betume, Alto do Santo Antônio e Tapera não há abastecimento de água tratada pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). Betume e Alto do Santo Antônio estão próximos e atualmente são abastecidos com água captada diretamente do Rio São Francisco, por uma bomba instalada e operada pela prefeitura da cidade. Esta água não recebe tratamento, ficando ao encargo dos usuários os cuidados para consumo. Há perspectiva de até meados de 2015 entre em operação o sistema de abastecimento da DESO para estes povoados, pois, segundo os moradores locais, depois de 10 anos de início das obras, a Operadora está finalizando a construção do reservatório. No povoado Tapera a água utilizada é captada de um poço artesiano.

Pertencem à cidade de Pacatuba os povoados: Ponta de Areia; Siqueira e Poções e apenas o terceiro não tem rede de abastecimento da DESO. A água para as necessidades da população é obtida em cacimbas.

Em Ilha das Flores, tanto a sede da cidade como os 6 povoados inseridos dentro do perímetro do projeto: Serrão; Bolivar, Bongue; Aroeira; Jenipapo e Cajueiro Vermelho estão sendo atendidos por água abastecida pela concessionária estadual, diferentemente da situação em 2005, que segundo a CODEVASF (2005) apenas 3 desses povoados contavam com o serviço.

Independente do acesso ao abastecimento de água tratada, o costume local de utilização das águas dos rios para atendimento das necessidades de limpeza e recreação foi observada. Verificaram-se, como exemplificado na figura 5, pessoas à beira dos canais de irrigação, lavando roupas, utensílios domésticos, veículos motorizados, banhando animais de estimação e de carga (cavalos), limpando pescados para consumo, entre outros, como também o banho recreativo de crianças e adultos. Desta maneira, os canais de irrigação recebem uma carga de resíduos de produtos de limpeza e de matéria orgânica que evidentemente impacta a qualidade dessas águas.



Figura 5 - Utilização do canal de irrigação para necessidades de limpeza e recreação.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

4.1.2 Esgotamento sanitário

O critério de evidência de possível contaminação dos recursos hídricos foi aqui definido pela observação da ocorrência de despejo de esgotos de origem doméstica in natura ou de qualquer outra atividade, com potencial descarga de matéria orgânica ou de patogenicidade sem qualquer tipo de tratamento prévio. Situação antecipadamente prevista, tendo em vista, o apontado pela CODEVASF no diagnóstico de 2005 que “100% dos povoados não possuem sistema de esgotamento sanitário, sendo os dejetos canalizados para fossas negras domiciliares precárias e as águas servidas lançadas a céu aberto” (CODEVASF, 2005, p. 25).

De fato, a situação não se alterou, em todos os povoados os moradores confirmaram que utilizam fossas sépticas para os efluentes dos sanitários e as águas servidas são direcionadas, ora para o terreno no fundo dos quintais, infiltrando no solo ou em cursos d’água, ora para as vias públicas, como se pode observar na figura 6.



Figura 6 - Lançamento de águas servidas das residências em via pública.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

Estes efluentes infiltram no solo atingindo o lençol freático e/ou escoam pelos terrenos e alcançam o leito dos dutos de água de drenagem próximos, e também são diretamente direcionados a estes através de tubulações (figura 7), como “[...] a montante da estação de bombeamento EB1, [aonde] a cidade de Ilha das Flores canaliza 70% de seu esgoto sanitário [...]” (CODEVASF, 2005, p. 26) não tratado.



Figura 7 - Tubulação direcionando o lançamento de esgoto doméstico no duto da água de drenagem.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

Diante desta situação e solicitada pelo IBAMA a realizar a conformação ambiental do perímetro do Betume, a CODEVASF iniciou o projeto de implantação do sistema de esgotamento sanitário de Ilhas das Flores, tendo, até o término desta pesquisa, executado a instalação da rede coletora na sede da cidade e planejado finalizar os trabalhos até junho de 2015 (vide figura 8).



Figura 8 - Placas indicativas da implantação do Sistema de esgotamento sanitário de Ilha das Flores.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

4.1.3 Disposição de resíduos sólidos

Não diferente dos itens anteriores, em 2005 a situação de coleta e disposição de resíduos sólidos no perímetro era precária, sendo registrado que: “Não há coleta de lixo domiciliar nos povoados, sendo o lixo lançado em fundo de quintal ou vias de acesso. O lixo da cidade de Ilha das Flores é destinado para uma área de cessão de uso da CODEVASF, fronteira a lotes irrigados e lançado a céu aberto” (CODEVASF, 2005, p. 25).

Neste quesito, verificou-se durante a caminhada melhorias quanto ao sistema de coleta pública dos resíduos sólidos. Nos povoados pertencentes à Ilha das Flores e Pacatuba, esta ocorre regularmente três vezes na semana e nos pertencentes à Neópolis a periodicidade é semanal. Mesmo assim, a prática de dispor nas vias de acesso (figura 9) e de queimar o lixo nos quintais (figura 10) continua ocorrendo.



Figura 9 - Resíduos sólidos dispostos em vias de acessos dos povoados.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.



Figura 10 - Resíduos sólidos amontoados no quintal para a queima.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

Quanto à disposição dos resíduos sólidos coletados em Ilha das Flores, estão sendo destinados a duas áreas dentro do perímetro, onde não foi observada qualquer forma de controle ou cuidados. A primeira está localizada nas coordenadas: Longitude $36^{\circ}56'43,46''$ W e Latitude $10^{\circ}44'11,19''$ S (figura 11) e foi definido pelo informante como o local preferencial e em atual utilização como lixão. A segunda, definido como lixão fora de atividade, está localizada nas coordenadas: Longitude $36^{\circ}55'29,64''$ W e Latitude $10^{\circ}4'50,26''$ S (figura 12).



Figura 11 - Área utilizada como lixão em atividade da cidade de Ilha das Flores.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.



Figura 12 - Área utilizada como lixão desativado da cidade de Ilha das Flores.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

No intuito de entender a situação do município de Ilha das Flores ao atendimento da Política e do Plano Nacional de Resíduos sólidos, o Secretário da Agricultura, Pesca e Meio Ambiente do município foi entrevistado no dia 25/11/2014 e este afirmou que a Lei Municipal de adesão ao Consórcio Público de Saneamento do Baixo São Francisco estava em fase final de discussão na Câmara de vereadores. Em 23/12/2014 a Agência Sergipe de Notícias confirmou o estabelecimento do Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos da Região do Baixo São Francisco, compreendendo os 28 municípios da região, o plano aponta a adequada gestão dos resíduos sólidos para estas cidades, incluindo a desmobilização dos lixões e recuperação ambiental das áreas comprometidas (ASN, 2014).

A melhoria no sistema de abastecimento público de água, a implantação do sistema de esgotamento sanitário de Ilha das Flores e do Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos da Região do Baixo São Francisco, em primeira instância mitigará os danos causados pelas principais fontes de poluição e contaminação aos recursos naturais, que tem origem nas áreas de maior concentração urbana. Da mesma forma, Aguiar Netto Santos e Moreira (2008) e Macedo et al. (2008) identificaram em suas pesquisas fontes poluidoras concentradas e dispersas e alertaram que,

O lixo e o esgoto não são provenientes apenas das áreas urbanas, mas de toda a bacia de drenagem onde ocorre a ocupação humana [...] O fato preocupante é que, por serem dispersos os resíduos provenientes das áreas rurais são desconsiderados. Por ser tido como um material escasso, o seu efeito cumulativo não é percebido, e pelas características apresentadas por uma bacia hidrográfica todo esse material será carregado para os cursos d'água [...] (AGUIAR NETTO; SANTOS; MOREIRA, 2008, p. 21).

Portanto, somente serão eliminados de forma sistêmica os danos aos recursos naturais, quando a gestão de resíduos abarcarem também as fontes dispersas.

4.1.4 Rizicultura

A monocultura do arroz em regime de irrigação por inundação é uma prática agrícola, entre outras, em que se caracteriza um elevado potencial poluidor dos corpos hídricos, em função da utilização massiva de agroquímicos associada ao manejo inadequado da água. Estes produtos poluem ora pela sua solubilidade na água, ora pela adsorção destas substâncias às partículas do solo. Além da ação natural das chuvas, que forçam a drenagem e do processo de lixiviação dos poluentes para os aquíferos, na rizicultura brasileira, o transporte e distribuição destes agentes poluidores são potencializados devido ao manejo da água de irrigação baseado nas diversas drenagens do lote ocorridas desde o preparo do solo (GRÜTZMACHER et al., 2008; MARTINI et al., 2012; MATTOS et al., 2012; SANTOS; CORREIA; BOTELHO, 2013; DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014).

A situação atual no perímetro irrigado Betume é a utilização do sistema de cultivo de arroz pré-germinado com manejo convencional da irrigação por inundação. Este sistema por si só tem a característica de solicitar a drenagem da água de irrigação dos lotes por um número maior de vezes em relação a outros métodos (MATTOS et al., 2012). De fato, observaram-se no campo, apesar das recomendações da assistência técnica da CODEVASF, os agricultores movidos por crenças e costumes realizando a troca da água dos lotes em momentos considerados desnecessários pelos técnicos.

Agrega-se a esta conjuntura, a afirmação dos produtores e técnicos da ocorrência no aumento do consumo de agrotóxicos. Em particular pelo advento do surgimento da doença denominada Brusone, e também pelo incremento na intensidade de pragas, tais como: lesmas, besouros, caramujos e ratos.

Ademais, técnicos e agricultores relataram o incorreto manejo na aplicação de agrotóxicos, em que afirmam ser uma prática realizada por muitos: excesso na dosagem; lavagem de equipamentos de aplicação (bomba manual) e de embalagens dentro do canal de irrigação e a não destinação das embalagens dos produtos para devolução aos fornecedores,

sendo estas descartadas inadequadamente, como se verifica na figura 13, próximas aos lotes de arroz e dentro do duto de drenagem. Considera-se então que estes aspectos associados estão maximizando o potencial poluidor da rizicultura no perímetro do Betume.



Figura 13 - Embalagens de agrotóxicos lançadas próximo aos lotes de arroz.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

Conclui-se a partir das observações registradas, e pelos critérios estabelecidos no quadro 1 e 2, que ocorrem fontes evidentes de poluição e contaminação da água de drenagem do perímetro do Betume, tanto pela disposição dos resíduos sólidos em área, dentro do perímetro, não projetada e sem controle adequado, quanto pela ocorrência de despejo, nos dutos coletores da água de drenagem, de esgotos de origem doméstica in natura e do emprego de agroquímicos no cultivo do arroz.

4.2 QUALIDADE DA ÁGUA DE DRENAGEM COMPARADA À NORMATIZAÇÃO E CONDIÇÕES PARA A RIZICULTURA

Nas condições precárias que se encontra atualmente a infraestrutura do sistema de irrigação do perímetro do Betume, o abastecimento de água para irrigação dos lotes é inadequado. Pois, os sistemas de bombeamento e canais de irrigação, operando a mais de 38 anos estão degradados e não atendem de forma conjunta e simultânea as necessidades de abastecimento de água para irrigação dos lotes. Desta maneira, O DIB administra a distribuição do recurso através de um calendário, programando as datas de início do cultivo

do arroz por áreas. Assim, o cultivo não é conduzido ao mesmo tempo em todos os lotes, conseqüentemente, nas datas de coleta das amostras da água de drenagem, observaram-se lotes em diferentes fases do cultivo do arroz: preparação do solo, semeadura e germinação, adubação, entre outras, com exceção da fase de colheita.

Devido a este cenário, os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológico obtidos não podem ser correlacionados temporalmente com as fases específicas da cultura do arroz. Representa, assim, a situação pontual do conjunto de acontecimentos que ocorriam no momento da coleta da amostra. Os resultados obtidos nas análises estão a seguir descritos quanto ao enquadramento do corpo d'água diante da normatização vigente e de sua adequabilidade para a cultura do arroz.

4.2.1 Enquadramento da água de drenagem

De acordo com os objetivos estabelecidos nesta pesquisa, os resultados das análises foram comparados aos limites dos parâmetros físico-químicos (de caráter inorgânico) e microbiológico da Classe 3 das águas doces da Resolução CONAMA 357/2005, que entre os usos especificados abrange a atividade de irrigação de cerealíferas (BRASIL, 2005a).

a) Salinidade

O parâmetro salinidade permite verificar o enquadramento dos corpos hídricos em águas doces, salobras ou salinas. Para águas doces, na qual está compreendida a classe 3, o valor máximo de salinidade é de 0,5 ‰ (500 mg.L⁻¹) (BRASIL, 2005a). Pode-se verificar no gráfico deste item na figura 13, que os valores obtidos variaram de 0,11 a 0,25 ‰ nos dois pontos estudados, indicando a possibilidade de conformidade com o padrão. Outro parâmetro que também indica a salinidade é o teor de sólidos dissolvidos totais apresentado adiante. Este indício se reforça pela classificação dos dois rios, em que se capta água para o sistema de irrigação, estarem classificados como: doce classe 2 para o rio São Francisco (Região do Baixo) e doce classe 3 para o rio Betume (SERGIPE, 2010a).

b) pH

Segundo Von Sperling (2005, p. 31) “valores elevados de pH [comportamento alcalino] podem estar associados à proliferação de algas” e “valores elevados ou baixos [comportamento ácido] podem ser indicativos da presença de efluentes industriais”. Para classe 3, os valores do pH devem estar entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005a). Verifica-se no gráfico pH na figura 14, que os valores obtidos variaram de 6,39 a 7,05 nos dois pontos estudados, indicando a possibilidade de conformidade com o padrão.

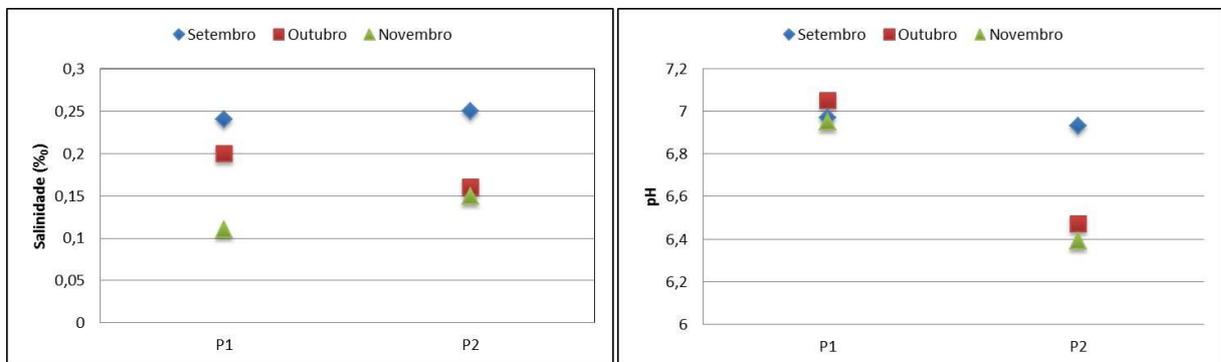


Figura 14 - Variação da salinidade e pH.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

c) DBO e OD

A demanda bioquímica de oxigênio é uma das formas indiretas de se avaliar a quantidade de matéria orgânica presente em um corpo hídrico, pois, “retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea” (VON SPERLING, 2005, p. 90).

O índice de oxigênio dissolvido na água, expressa a quantidade de oxigênio disponível para o processo de respiração dos organismos aeróbicos presentes nos corpos d’água, e é o de maior relevância na indicação da qualidade de um ambiente aquático (LIBÂNIO, 2010).

A Resolução CONAMA 357/2005, determina para a classe 3 a quantidade máxima de DBO de $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ associada ao mínimo de $4 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ de OD (BRASIL, 2005a). A preservação da relação, entre estes limites, é indispensável para a manutenção da vida

aquática, além da DBO acima deste valor indicar a possibilidade de poluição de origem antrópica.

De acordo com os resultados obtidos este equilíbrio está comprometido na água de drenagem do perímetro do Betume. Pois, apesar da quantidade de OD estar atendendo à resolução, os valores mantiveram-se entre 4,28 e 5,22 mg.L⁻¹ O₂, com exceção da amostra de outubro do ponto 1, em que seu valor dispare indica possível falha na preparação e conservação da amostra ocasionando incorporação de oxigênio da atmosfera (OD, figura 15) e apenas um dos valores de DBO ficou ligeiramente abaixo do limite e os outros variaram entre 11,5 e 18,6 mg.L⁻¹ O₂, todos acima (DBO, figura 15). Correspondendo a insuficiente quantidade de oxigênio dissolvido para atender a demanda bioquímica da matéria orgânica presente.

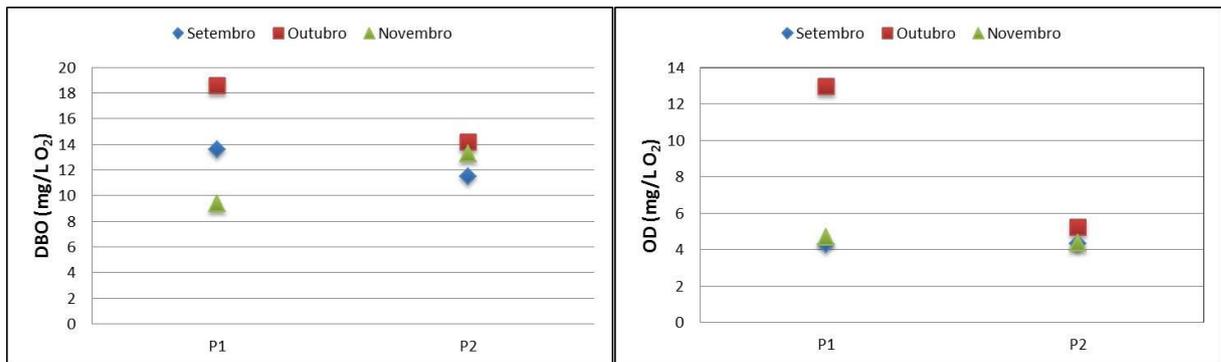


Figura 15 - Variação da DBO e do OD.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Neste caso, as fontes poluidoras, de origem antrópica, maiores contribuintes são o despejo de esgoto sanitário doméstico e o processo de cultivo do arroz. Andrade (2010) aponta que no período entre a preparação do solo e o término da adubação o valor da DBO da água de irrigação da entrada em relação ao da água de drenagem, da área cultivada com arroz, teve uma elevação entre 100 e 200 % e o consumo de oxigênio da água, em função da cultura, teve reduções na faixa de 25 a 60 % na fase inicial e em torno de 150 % no período de 2 meses antes da colheita. O que denota o impacto da rizicultura neste índice de qualidade da água.

d) Turbidez

A turbidez indica o grau de interferência da passagem da luz através da água, devido à presença de partículas suspensas e coloidais, tais como: argila, silte, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica. Além do efeito estético, estas partículas podem ter compostos tóxicos adsorvidos e suportar organismos patogênicos, como também reduzir o potencial fotossintético dos vegetais devido a menor penetração da radiação solar (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

A Resolução CONAMA 357/2005, determina para a classe 3 o valor máximo de 100 UNT para a turbidez (BRASIL, 2005a). De acordo com os valores apresentados no gráfico de turbidez (figura 16) no ponto 1, apenas na amostra de setembro superou-se o limite com o valor de 112 UNT. No ponto 2 todos os valores ficaram acima, 115 e 109 UNT para setembro e outubro respectivamente e 296 UNT em novembro. Atribui-se o resultado elevado de novembro no ponto 2 ao fato de ter ocorrido, nos dias anteriores à coleta, a limpeza das margens do duto principal de drenagem por máquina escavadeira que removeu a vegetação e revolveu o solo em consorcio à precipitação pluviométrica ocorrida durante a manhã daquele dia que carregou partículas desagregadas do solo para o corpo d'água.

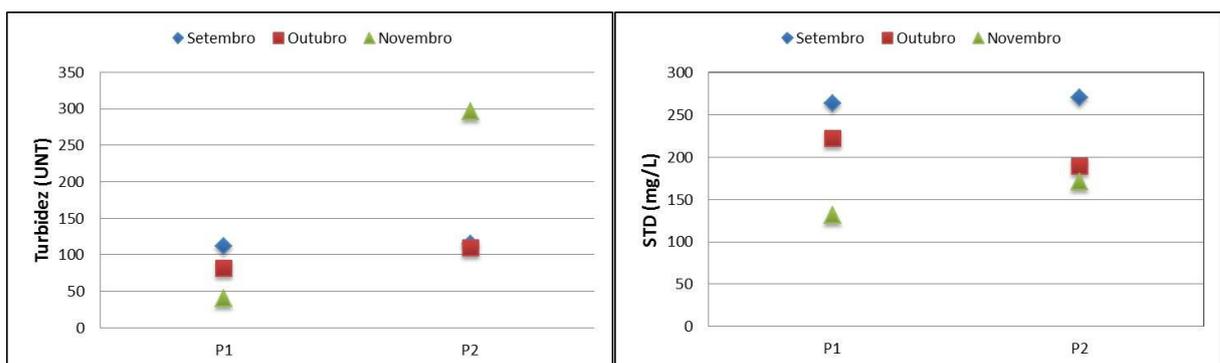


Figura 16 - Variação da turbidez e STD.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Mattos et al. (2012) no experimento conduzido com rizicultura, registraram que tanto em manejo convencional, quanto com lâmina permanente de água, o efluente drenado apresentou uma elevação de turbidez em mais de 100 %, ao mesmo tempo que a taxa de sólidos suspensos aumentou além de 200 %. Andrade (2010) também registrou variação de aumento da turbidez entre 400 e 660 % durante a fase de preparação do solo e adubações.

Têm-se assim indicativos que variações intensas da turbidez podem ocorrer frequentemente nesta prática agrícola, dificultando a manutenção durante a safra do parâmetro no limite especificado pela normatização.

e) Sólidos totais dissolvidos (STD)

Este parâmetro indica a concentração de substâncias de caráter iônico (íons e cátions) e matéria orgânica, das quais as partículas tem diâmetro inferior a 10^{-3} μm e os sólidos coloidais com diâmetro de partícula entre 10^{-3} e 10^0 μm , sendo estes diâmetros de partículas não retidos em processos simples de filtração (VON SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA 357/2005, determina para a classe 3 o valor máximo de 500 mg.L^{-1} de sólidos dissolvidos totais (BRASIL, 2005a). Nos pontos analisados os resultados demonstrados no gráfico de STD (figura 16) indica conformidade da água de drenagem a este quesito.

f) Parâmetro microbiológico

Os corpos d'água contaminados por microrganismos patogênicos são potenciais meio de transmissão de doenças para os seres humanos e outros animais. Bactérias, vírus, protozoários, ovos de helmintos, entre outros, quando presentes na água, podem entrar em contato com a pele ou serem ingeridos. Desta forma, garantir a qualidade sanitária dos corpos hídricos utilizados pelos humanos é uma questão de saúde pública. Como a maioria desses patógenos estão presentes nos intestinos dos animais de sangue quente, evitar a contaminação por dejetos animais não tratados é a principal forma de prevenção (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

Devido à dificuldade na prática de detecção da maioria destes patógenos, estabeleceu-se o estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal, como satisfatórios na indicação da presença destes microrganismos e da potencialidade de transmissão de doenças. O indicador preferencialmente utilizado é o índice de coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2005).

Na Resolução CONAMA 357/2005, tem-se estabelecido para a classe 3, de no caso do corpo hídrico não ser utilizado para dessedentação de animais criados confinados ou recreação de contato secundário, este parâmetro “não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral” (BRASIL, 2005a, p. 11), ou seja, das 3 amostras por ponto de coleta é suficiente uma excedendo o limite para a não conformidade deste parâmetro. Apesar do número e periodicidade das amostras desta pesquisa não ter atendido o critério, verifica-se pelos resultados apresentados na figura 17, que para o ponto 1 nos meses de setembro e outubro o valor excedeu consideravelmente o limite, justamente aonde se constatou a ocorrência dos despejos de esgoto sanitário não tratado de Ilha das Flores. Assim, pode-se estimar o não atendimento deste parâmetro até a entrada em operação do sistema de esgotamento sanitário da cidade.

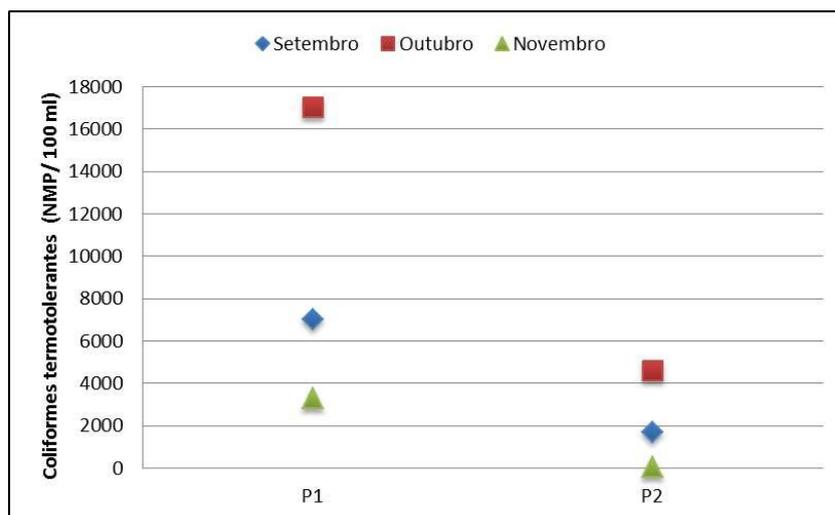


Figura 17- Variação do índice de coliformes termotolerantes.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

g) Parâmetros químicos inorgânicos

As substâncias químicas inorgânicas estão naturalmente presentes no solo e na atmosfera e o contato das águas com estas superfícies leva à incorporação destas substâncias devido a processos físico-químicos inerentes. Muitas dessas transportadas pelos corpos hídricos são nocivas aos seres vivos, causam um efeito estético desagradável ou deterioram outros materiais. Todavia, a pressão antrópica é a fonte principal de alterações da

concentração dessas substâncias, sendo assim, relevante o monitoramento dos parâmetros representativos dessas condições (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

Para esta pesquisa foram selecionados, dentre esses parâmetros elencados na Resolução CONAMA 357/2005, os considerados de maior significância para a indicação do cenário da qualidade do corpo hídrico estudado. Os resultados obtidos das análises destes e os limites máximos determinados para a classe 3 (BRASIL, 2005a) estão dispostos no quadro 5. Os teores de nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, sulfatos, fluoreto, cloretos, boro, ferro, bário, manganês, chumbo, níquel, cádmio, cobre, cromo e zinco, apresentaram abaixo dos limites determinados pela Resolução CONAMA 357/2005. Verificaram-se dois parâmetros que excederam os limites de controle: fósforo e alumínio.

O limite de fósforo total foi excedido apenas na amostra de outubro do ponto 1. O valor de $0,39 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$, representa um incremento mínimo de 290 % em relação aos outros valores do mesmo ponto. Na região foram observadas como potenciais fontes de poluição para esta substância a atividade agrícola e os despejos de esgotos sanitários domiciliares. Mas, sendo os despejos domésticos relativamente regulares, aponta-se a rizicultura como principal contribuinte. Em condições similares no perímetro irrigado de Morada Nova-CE, Almeida et al. (2011) atribuem os picos registrados neste parâmetro, de até 300 % com valor próximo $0,8 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$ ao carreamento dos agroquímicos utilizados nas culturas. Andrade (2010) também obteve na água de drenagem da rizicultura, picos no teor de fósforo de até 300 % com valor próximo a $0,6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$ entre a preparação do solo e o final da fase de adubação.

Os valores do teor de alumínio mantiveram-se em todas as amostras acima do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 de $0,2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$ para a classe 3 (BRASIL, 2005a), variando de $0,23$ a $0,39 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$. Como não foram identificadas possíveis fontes poluidoras de ações antrópica, atribuiu-se a origem destes teores de alumínio aos tipos de solos da região, classificados como Hidromórficos, Aluviais e Podzol (SERGIPE, 2010b), sendo corroborada pela pesquisa de Siqueira et al. (2006), que no diagnóstico da fertilidade dos solos para Sergipe, indicaram o município de Ilha das Flores como o de maior índice de frequência de resultados do teor de alumínio no solo maior que $1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (equivalente a $89,94 \text{ mg.dm}^{-3}$ de Al).

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357	P1			P2		
			Set.	Out.	Nov.	Set.	Out.	Nov.
Nitrogênio Amoniacal Total	mg.L ⁻¹ N-NH ₃	≤ 13,3 em pH ≤ 7,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4	< 0,047
Nitrito	mg.L ⁻¹ N-NO ₂	≤ 1,0	< 0,015	0,05	< 0,015	0,06	< 0,015	< 0,015
Nitrato	mg.L ⁻¹ N-NO ₃	≤ 10,0	0,15	0,3	0,07	0,12	< 0,011	0,1
Sulfatos	mg.L ⁻¹ SO ₄	≤ 250	9,17	24,45	< 0,05	6,71	39,23	< 0,05
Fluoreto Total	mg.L ⁻¹ F	≤ 1,4	0,14	0,43	< 0,05	0,15	0,24	< 0,05
Cloretos	mg.L ⁻¹ Cl	≤ 250	76	78,05	36,47	90,85	60,22	62,35
Fósforo Total	mg.L ⁻¹ P	≤ 0,15	0,1	0,39	0,09	0,04	0,01	0,15
Boro Total	mg.L ⁻¹ B	≤ 0,75	< 0,136	< 0,136	< 0,136	< 0,136	< 0,136	0,2
Ferro total	mg.L ⁻¹ Fe	≤ 5,0	3,75	*	1,19	4,62	*	2,58
Alumínio	mg.L ⁻¹ Al	≤ 0,2	0,39	*	0,23	0,37	*	0,33
Bário Total	mg.L ⁻¹ Ba	≤ 1,0	< 0,004	*	0,04	< 0,004	*	0,07
Manganês Total	mg.L ⁻¹ Mn	≤ 0,5	0,33	*	0,09	0,31	*	0,22
Chumbo Total	mg.L ⁻¹ Pb	≤ 0,033	< 0,006	*	< 0,006	< 0,010	*	< 0,006
Níquel	mg.L ⁻¹ Ni	≤ 0,025	< 0,070	*	< 0,018	< 0,070	*	< 0,018
Cádmio Total	mg.L ⁻¹ Cd	≤ 0,01	< 0,005	*	< 0,001	< 0,005	*	< 0,001
Cobre Total	mg.L ⁻¹ Cu	≤ 0,013	< 0,010	*	< 0,004	< 0,010	*	0,01
Cromo Total	mg.L ⁻¹ Cr	≤ 0,05	< 0,05	*	< 0,003	< 0,05	*	< 0,003
Zinco Total	mg.L ⁻¹ Zn	≤ 5	< 0,010	*	< 0,007	< 0,010	*	0,01

Quadro 5 - Valores dos parâmetros inorgânicos para P1 e P2.

* Em outubro o Espectrofotômetro de Absorção Atômica estava descalibrado para detecção de íons metálicos e os valores foram descartados. Em novembro utilizou-se o Espectrofotômetro de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Segundo Figueiredo (2004) há várias pesquisas, que ora negam, ora afirmam que este elemento é nocivo à saúde humana. Independente desta questão, a presença do alumínio no

rol de parâmetros de qualidade da água é motivada pelo aspecto organoléptico de potabilidade, conforme disposto no anexo X da Portaria Nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

Conclui-se, portanto, que para o enquadramento da água de drenagem do perímetro irrigado Betume na classe 3 da Resolução CONAMA 357/2005 há necessidade de prover tratamento na água a fim de se reduzir os índices de DBO, turbidez e coliformes termotolerantes. Quanto ao alumínio, na quantidade apresentada, em sendo uma característica intrínseca à região e a água não sendo destinada para o abastecimento público ou dessedentação de animais confinados, recomenda-se apenas monitoramento da água e do solo. Para o fósforo recomenda-se um estudo para confirmar a origem e verificar se este pode ser aproveitado na fertirrigação, desde que os teores não sejam promotores de eutrofização dos corpos hídricos.

4.2.2 Condições da água de drenagem para a irrigação da rizicultura

A água não tem qualidade em si mesma, tendo em vista que qualidade se define no contexto em que se emprega o bem. Assim, a “adequabilidade [da água] depende do que pode ser feito com ela sob condições específicas de uso”. Tendo em vista que, deve-se considerar “os efeitos potenciais sobre o rendimento das culturas e as mudanças nas características do solo” ao longo do tempo, entendendo-se tratar-se de um agroecossistema em que água, propriedades intrínsecas do solo, condições climáticas, qualidades do cultivar, manejo da cultura, entre outros, estão em uma complexa relação de interdependência (AYERS; WESTCOT, 1999; ALMEIDA, 2010; SILVA; SOARES; GHEYI, 2013, p. 197).

Como nesta pesquisa, analisaram-se laboratorialmente as propriedades físico-químicas apenas da água de drenagem do perímetro irrigado Betume, os resultados e discussões adiante são pontuais e abrange de forma indireta, através da literatura consultada, os possíveis impactos no solo e na rizicultura do local e as influências do clima e das práticas de manejo da cultura e da irrigação. Assim, o foco foi a análise da salinidade da água e das substâncias que provocam fitotoxicidade no arroz.

Como visto no item “a” do tópico anterior, a mensuração laboratorial da salinidade indicou que a água de drenagem do perímetro irrigado Betume é doce. A inserção dos valores

dos grupos catiônicos: sódio/potássio, magnésio e cálcio e dos aniônicos: carbonato/bicarbonato, sulfato e cloreto no diagrama de Piper (ponto 1, figura 18 e ponto 2, figura 19), permitiu verificar a classificação hidrogeoquímica, resultando em águas com característica sódica cloretada, ou seja, águas que em suas interações com a litosfera e a atmosfera, são predominantemente enriquecidas com partículas de sódio e cloro (SZIKSZAY, 1993).

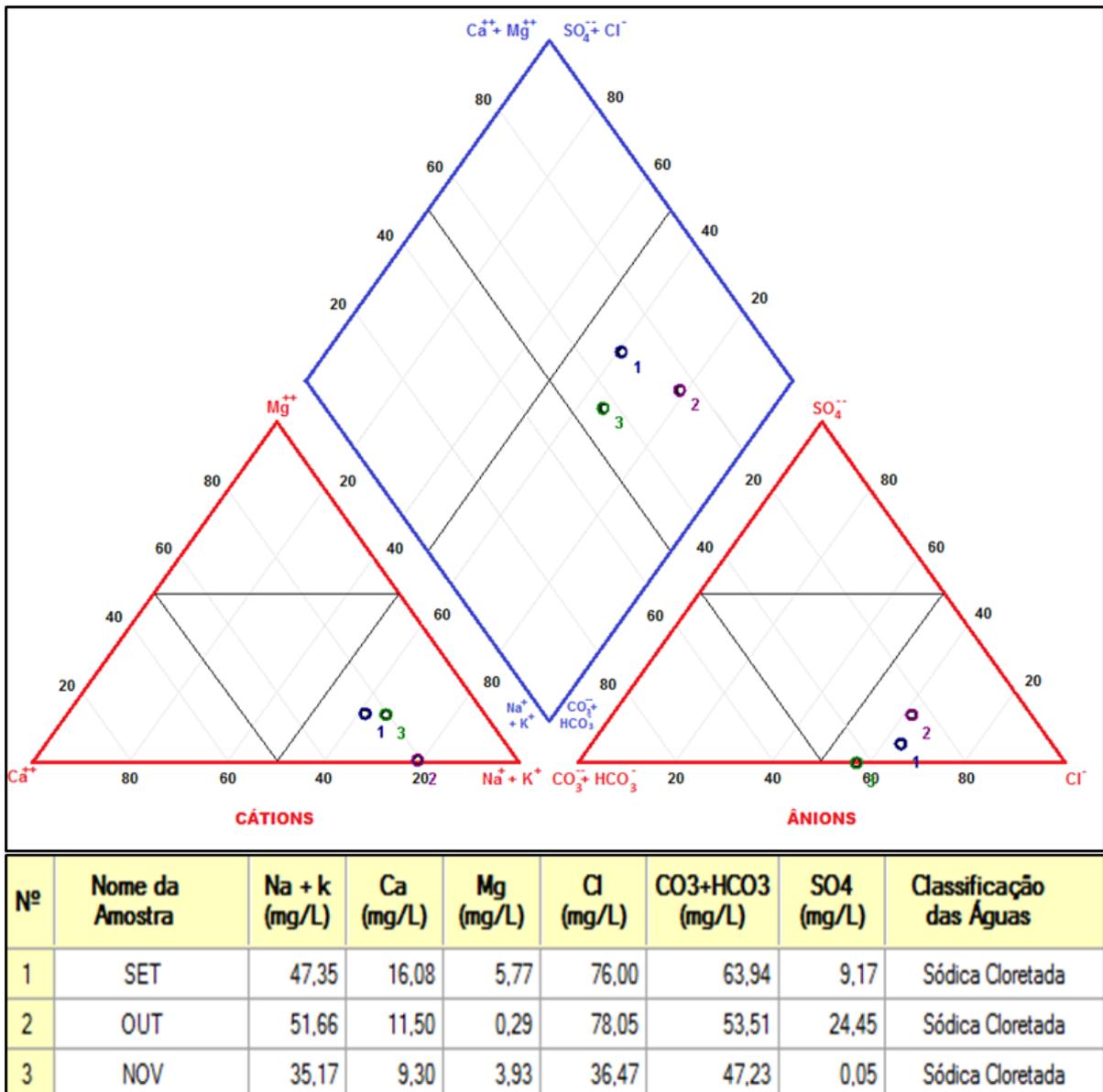


Figura 18 - Classificação hidrogeoquímica da água de drenagem do ponto 1.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014, aplicados no Qualigraf (MÖBUS, 2014).

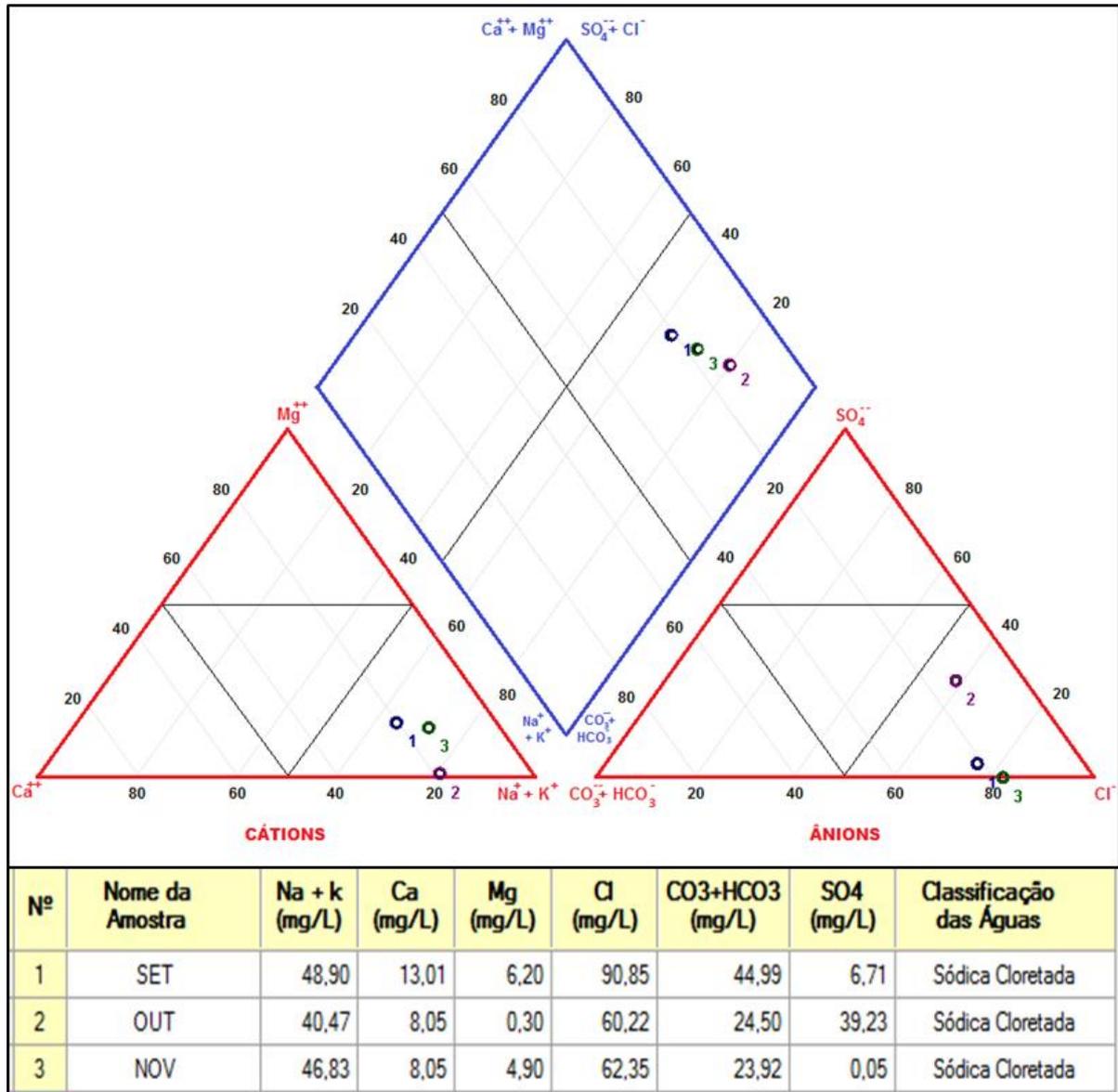


Figura 19 - Classificação hidrogeoquímica da água de drenagem do ponto 2.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014, aplicados no Qualigraf (MÖBUS, 2014).

Silva; Soares e Gheyi, (2013, p. 194) citando Medeiros (1992⁴; 1998⁵) informam que,

a água de irrigação apresenta uma composição química constituída principalmente pelos cátions Na (sódio), Ca (cálcio) Mg (magnésio) e K (potássio), e pelos ânions cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato, os quais podem se apresentar em diferentes proporções, dependendo da fonte, das condições edafoclimáticas e da época do ano. Entretanto [...] as variações não são muito acentuadas para uma determinada região, exceto para pequenos açudes e poços com baixas vazões.

⁴ MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE**. 1992. 173f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

⁵ MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152 f. (Tese de doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

Quando o sódio está em concentração elevada na água de irrigação, pode ocorrer o incremento no percentual de sódio trocável no solo, causando a redução da permeabilidade deste e prejudicando a nutrição e intoxicando a planta (AYERS; WESTCOT, 1999; ALMEIDA, 2010).

Para se avaliar os riscos das concentrações de sódio, o índice usualmente empregado é a Relação de Adsorção de Sódio (RAS), embora o índice melhor recomendado seja a Relação de Adsorção de Sódio corrigida (AYERS; WESTCOT, 1999; ALMEIDA, 2010; SILVA; SOARES; GHEYI, 2013). Segundo Almeida (2010, p. 36):

Este índice [RAS] denota a proporção relativa em que se encontra o Na^+ em relação com o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , cátions divalentes que competem com o sódio pelos lugares de intercâmbio do solo. Esta consideração é de grande importância quando há predominância do íon sódio, que induzirá trocas de íons cálcio e magnésio pelos de sódio nos solos, o que pode conduzir à degradação do mesmo, com a consequente perda de sua estrutura e permeabilidade.

Porém, a fim de uma avaliação de maior amplitude este índice é correlacionado com outros parâmetros, levando a vários modelos de análise e classificação. Dentre os modelos de classificação da água para fins de irrigação, um dos mais utilizados atualmente é a classificação proposta pelo United States Salinity Laboratory (USSL) (ALMEIDA, 2010). Esta classificação baseia-se na razão de adsorção de sódio (RAS) e na condutividade elétrica (C.E.) da água. Almeida (2010, p. 61) explica que,

No diagrama, as águas se dividem em quatro classes (C1 a C4), com respeito a sua condutividade elétrica (CE), isto é, em função de sua concentração total de sais solúveis, e outras quatro classes (S1 a S4), segundo sua sodicidade, baseada principalmente no efeito que tem o sódio trocável sobre a condição física do solo.

Para tal, os dados das análises obtidos foram alimentados no Qualigraf (MÖBUS, 2014), assim, o programa calculou a RAS e apresentou na forma tabular e gráfica, a categoria de cada amostra na classificação do USSL, para os pontos 1 (figura 20) e ponto 2 (figura 21).

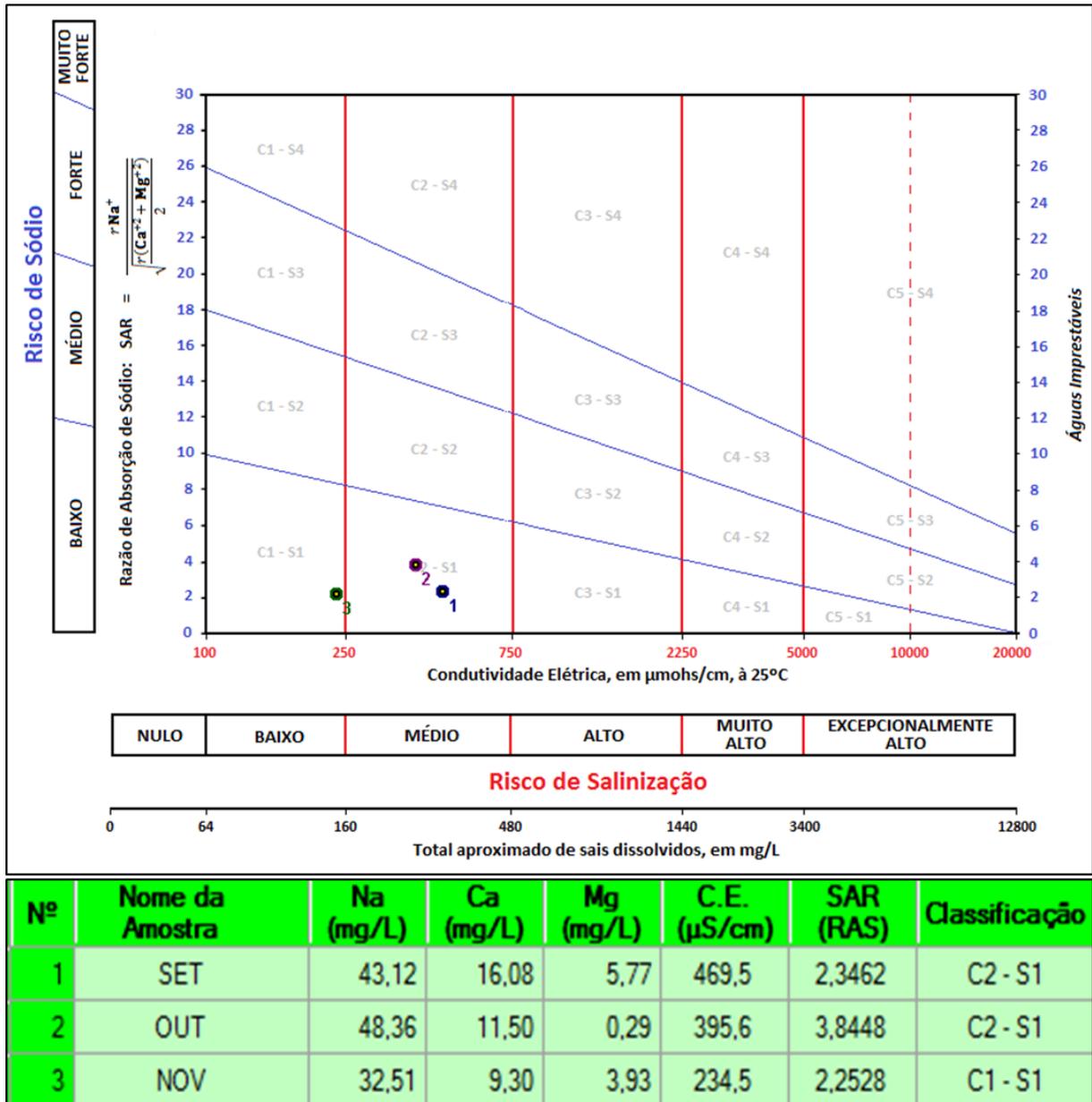


Figura 20 - Classificação quanto ao risco de sodicidade e salinização do ponto 1.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014, aplicados no Qualigraf (MÖBUS, 2014).

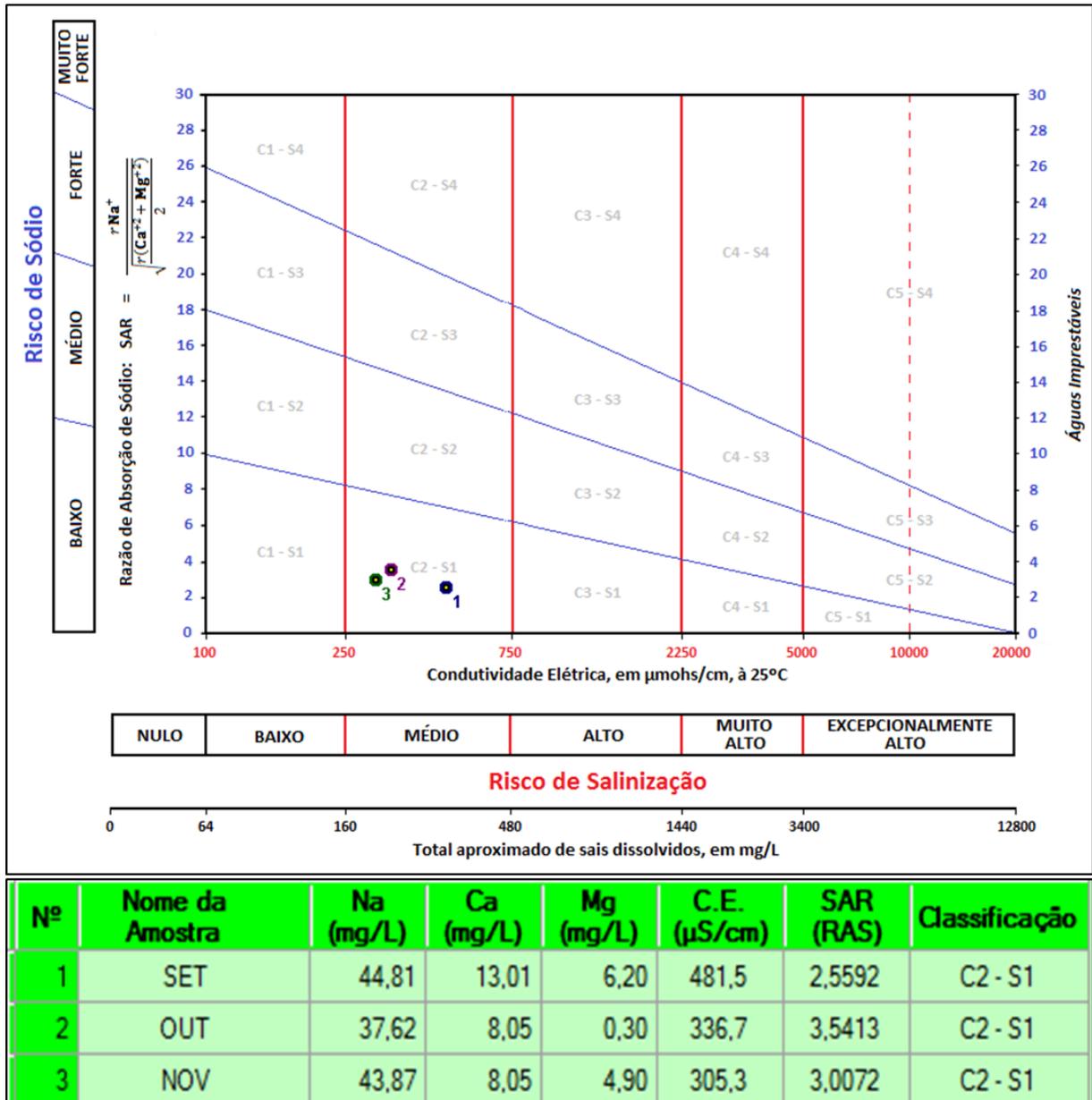


Figura 21 - Classificação quanto ao risco de sodicidade e salinização do ponto 2.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014, aplicados no Qualigraf (MÖBUS, 2014).

Para o ponto 1 a condutividade elétrica variou de 234,5 a 469,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e a RAS calculada entre 2,25 e 3,85. Para o ponto 2 a condutividade elétrica ficou entre 305,3 e 481,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e a RAS entre 2,56 a 3,54. Estes valores correspondem a 7 amostras enquadradas na classe C2 – S1, e 1 na classe C1 – S1, entre as duas a de maior frequência é de maior risco, o que significa:

C2. água de salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25 °C). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade (ALMEIDA, 2010, p. 62, grifo do autor).

S1. água com baixo conteúdo em sódio ($RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$). Pode ser usada para a irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável [...] (ALMEIDA, 2010, p. 63, grifo do autor).

Tendo em vista que “o arroz irrigado é considerado uma cultura moderadamente sensível à salinidade” (REUNIÃO, 2014, p. 90), não há problemas potenciais em utilizar a água para irrigação de classe C2. Entretanto, “o monitoramento sistemático da condutividade elétrica da água de irrigação é fundamental. A irrigação deve ser suspensa quando a condutividade elétrica atingir valores iguais ou superiores a 2 mS/cm [2000 $\mu S \cdot cm^{-1}$]” (REUNIÃO, 2014, p. 91).

A classe S1 também atende quanto à toxicidade do sódio ao arroz, pois, Ayers e Westcot (1999) informam que este é semitolerante, suportando uma porcentagem de sódio trocável (PST) no solo maior que 15 % e menor que 40 %, o que corresponde uma RAS maior de 13, de acordo com o monograma de estimação de PST x RAS (AYERS; WESTCOT, 1999; ALMEIDA, 2010). Entretanto, segundo as recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil “valores de porcentagem de sódio na troca (PST) de 15 a 20% **já representam riscos à cultura do arroz**” (REUNIÃO, p. 41, grifo do autor). O que não é obstáculo nesta água de drenagem, tendo em vista que a RAS não superou 4 unidades, correspondendo a um PST menor que 5 %.

Almeida et al. (2011) também obtiveram as classificações C2 – S1 na água de drenagem da rizicultura do perímetro por eles estudado, sendo que a condutividade elétrica não superou os 910 $\mu S \cdot cm^{-1}$ e a RAS variou de 2,11 a 6,95.

Em questão aos cloretos, Ayers e Westcot (1999) explicam que a sua principal fonte é a água de irrigação. Este ânion é pouco adsorvido pelo solo e fica assim, altamente disponível para ser absorvido pelas raízes das plantas, além de quando a irrigação é por aspersão a absorção se dá pelas folhas da planta. Águas com teor de cloretos acima de 355 $mg \cdot L^{-1}$, são consideradas impróprias devido o potencial de fitotoxicidade, porém, o arroz é relativamente tolerante, pois suporte até 1.062 $mg \cdot L^{-1}$ de cloreto (exceto na emergência e estágio de plântula) sem reduzir a produtividade (SILVA; SOARES; GHEYI, 2013).

Neste caso é seguro afirmar que o risco de intoxicação do arroz por cloretos provenientes da água de drenagem do perímetro do Betume é mínimo, pois, o maior teor

encontrado nas análises foi de $90,85 \text{ mg.L}^{-1}$ Cl (como apresentado no quadro 5) e não há registro de redução da produtividade do arroz no local.

O boro é um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, porém em quantidades relativamente pequenas pode se tornar tóxico. Desta maneira teores de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ B na água de irrigação pode causar problemas, não sendo aconselhável o uso quando superam $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ B (ALMEIDA, 2010). Fageria (2000a) verificou que teores a partir de 3 mg.kg^{-1} de boro no solo causam intoxicação no arroz. Nas análises realizadas o maior valor de boro detectado na água de drenagem do perímetro do Betume foi de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ B (como apresentado no quadro 5) indicado não haver possibilidade de nível tóxico para a rizicultura do local em função da água de drenagem.

Pesquisas apontam que o excesso no solo de metais causa toxidade às culturas de arroz, entre estes metais estão: alumínio; ferro; cobre; manganês; chumbo; zinco e cádmio. O alumínio e o ferro ocorrem naturalmente no solo e precisam ser monitorados, e quando do excesso ações de calagem ou manejo da água devem ser realizadas a fim de minimizar os efeitos. Os micronutrientes: cobre; manganês; zinco, entre outros, são essenciais para o desenvolvimento das plantas, porém em quantidades relativamente pequenas podem se tornar tóxicos, assim, precauções dos limites para adubação destes são recomendadas, e no caso de excesso natural se orienta o emprego de cultivar resistente. Os outros metais, na maioria dos casos, têm origem na poluição do solo por ações antrópicas. Em todos esses trabalhos não há indicação dos teores limitantes destes metais presentes na água utilizada para irrigação da rizicultura (FERREIRA; SALGADO; JORGE, 1986; FAGERIA, 2000b; PEREIRA et al., 2001; SCHMIDT, F. et al., 2013; SILVA; VITTI; TREVIZAM, 2014; REUNIÃO, 2014).

Ayers e Westcot (1994) explicam que a análise destes elementos não é realizada nas águas para irrigação, a não ser que ocorra suspeita de intoxicação na planta. Entretanto, projetos que utilizem águas residuárias para a irrigação, os autores aconselham a manter o monitoramento. Os autores baseados em pesquisas apresentaram as concentrações máximas recomendadas para quando a aplicação de água (contínua e em um mesmo local) é de até $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. No quadro 6 apresenta-se os resultados obtidos nas análises de metais da água de drenagem nos pontos 1 e 2.

PARÂMETRO	UNIDADE	LIMITE	P1		P2	
			Set.	Nov.	Set.	Nov.
Ferro total	mg.L ⁻¹ Fe	≤ 5,0	3,75	1,19	4,62	2,58
Alumínio	mg.L ⁻¹ Al	≤ 5,0	0,39	0,23	0,37	0,33
Manganês Total	mg.L ⁻¹ Mn	≤ 0,2	0,33	0,09	0,31	0,22
Chumbo Total	mg.L ⁻¹ Pb	≤ 5,0	< 0,006	< 0,006	< 0,010	< 0,006
Níquel	mg.L ⁻¹ Ni	≤ 0,2	< 0,070	< 0,018	< 0,070	< 0,018
Cádmio Total	mg.L ⁻¹ Cd	≤ 0,01	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,001
Cobre Total	mg.L ⁻¹ Cu	≤ 0,2	< 0,010	< 0,004	< 0,010	0,01
Cromo Total	mg.L ⁻¹ Cr	≤ 0,1	< 0,05	< 0,003	< 0,05	< 0,003
Zinco Total	mg.L ⁻¹ Zn	≤ 2,0	< 0,010	< 0,007	< 0,010	0,01

Quadro 6 - Valores de elementos traço (metais) comparados aos limites de Ayers e Westcot (1999).

Obs.: Em outubro o Espectrofotômetro de Absorção Atômica estava descalibrado para detecção de íons metálicos e os valores foram descartados. Em novembro utilizou-se o Espectrofotômetro de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014. Limites obtidos em Ayers e Westcot (1999).

Verificou-se que os índices máximos para ferro, alumínio, chumbo, níquel, cádmio, cobre, cromo e zinco obtidos nos pontos 1 e 2 nas análises de setembro e outubro de 2014 estão abaixo dos limites propostos por Ayers e Westcot (1999) para água de irrigação. Apenas o manganês resultou em teores acima do limite.

Segundo Pereira et al. (2001) o manganês é um micronutriente essencial para a rizicultura e quando não ocorrem os teores desejáveis no solo, este deve ser adicionado na adubação. Esta poderia ser a fonte do relativo excesso de manganês na água de drenagem. Entretanto, a assistência técnica do perímetro do Betume não registra recomendações ou a prática da adição deste elemento. Diante destes resultados pode-se afirmar que a água de drenagem do perímetro irrigado Betume está adequada para a prática da rizicultura. Pois, não apresenta riscos significativos de salinização do solo ou de intoxicação para a cultura do arroz. Porém, recomenda-se pesquisar a origem do manganês presente na água de drenagem, e mensurar os teores no solo, de modo a avaliar se está atendendo os níveis desejáveis para o cultivo do arroz.

4.3 ACEITAÇÃO DO REUSO DA ÁGUA DE DRENAGEM

A apresentação dos resultados e das compreensões produzidas, que se segue, mescla as informações resultantes das análises de dados coletados aos aspectos históricos e ao contexto situacional do conjunto de atores do perímetro do Betume, obtidos principalmente através da vivência no campo de pesquisa, em que um olhar e uma escuta sensível do observador se fez presente. Não foi objetivo desta pesquisa um estudo antropológico ou identitários do território percebido e vivido, porém, em alguns momentos do texto podem-se notar aspectos oriundos destas áreas do conhecimento e assim, a indicação de que lugar falam os atores e o pesquisador. Para o estabelecimento do marco temporal das vozes dos agricultores, foram registradas as idades e o tempo que atuam na lavoura do arroz na região.

Em relação à idade, o gráfico de distribuição da faixa etária dos agricultores (figura 22) evidencia a restrita participação de jovens com menos de 29 anos liderando a atividade agrícola, fato que se justifica, em primeira instância, pela representativa atividade das faixas etárias acima de 40 anos de idade, ou seja, pais e avós ainda atuantes.

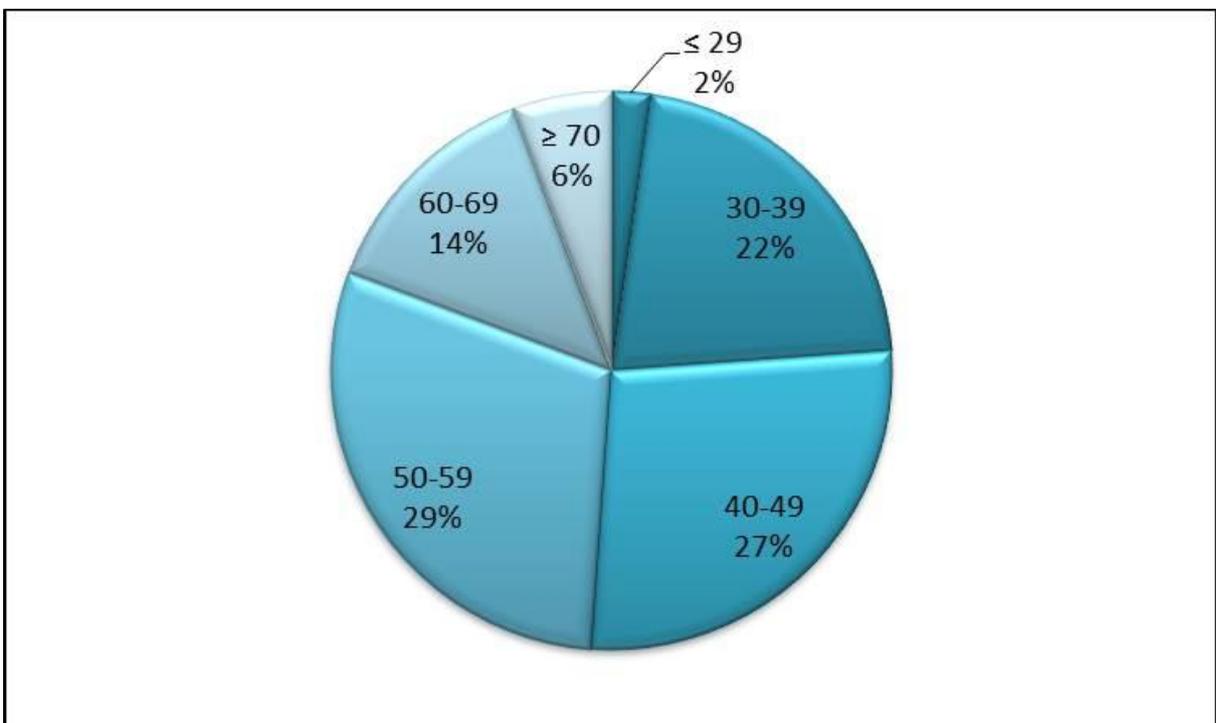


Figura 22 - Distribuição da faixa etária dos agricultores.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Correspondentemente à idade, o tempo de atuação na rizicultura está 88 % acima dos 20 anos, constatado pelo que demonstra o gráfico da figura 23, tendo 67 % afirmado estar antes dos 18 anos de idade ajudando os pais no cultivo.

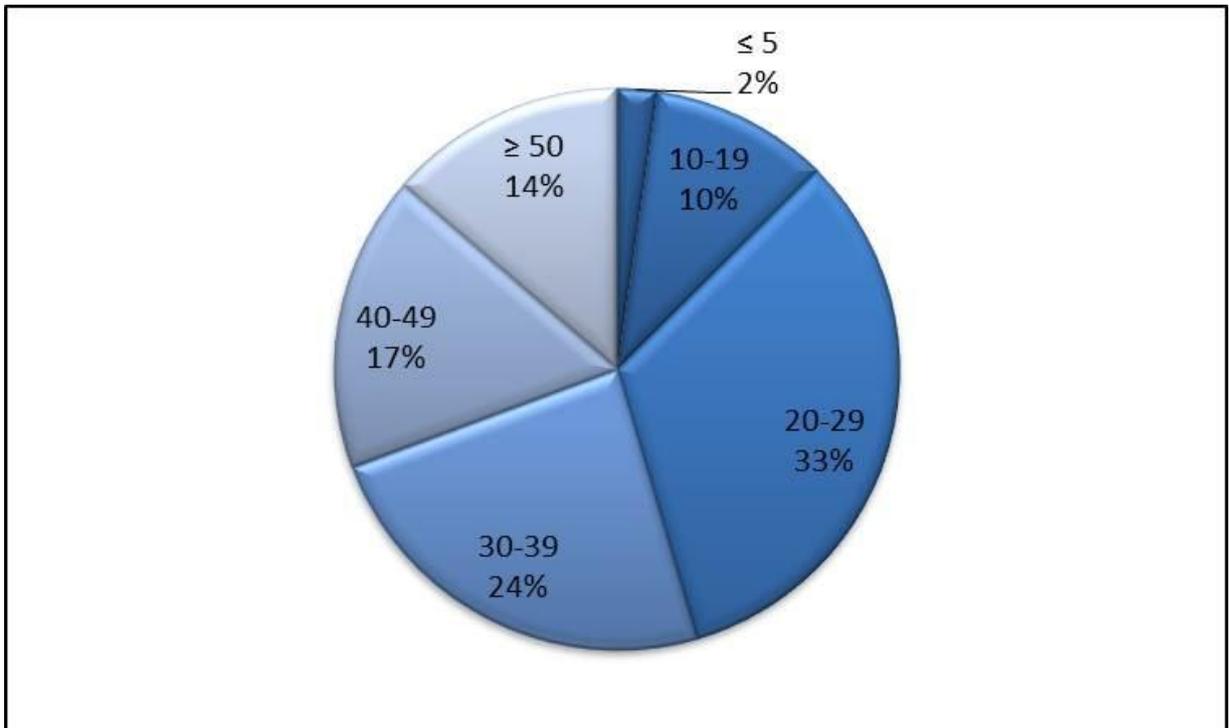


Figura 23 - Distribuição das faixas temporais em que cultivam arroz na região.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Poder-se-ia, então, inferir que atualmente os jovens também auxiliam os familiares no cultivo, porém, não é o que se verificou nas falas dos entrevistados e no campo. Alguns jovens foram vistos trabalhando na aplicação dos agrotóxicos, situação que agricultores e técnicos informaram ser de interesse dos jovens de famílias vulneráveis que não se qualificaram, por ser uma oportunidade de trabalho mais rentável é evitada pelos agricultores em função do risco à saúde.

Da mesma maneira, mulheres não foram avistadas nos lotes. Das 88 entrevistas, apenas duas mulheres participaram, assim mesmo, porque foram abordadas em suas residências, e informaram ir ao campo esporadicamente, ficando ao encargo de filhos e irmãos os cuidados diretos com a lavoura.

A incipiente presença de jovens e mulheres no campo é uma complexa trama, todavia, pode-se atribuir como principal vetor as mudanças tecnológicas introduzidas na rizicultura.

Pois, reduziram significativamente a necessidade de mão-de-obra braçal. Em um primeiro momento as operações manuais de preparação do solo e colheita foram substituídas por máquinas agrícolas e intensificou-se o controle das plantas daninhas através dos herbicidas. Posteriormente, o emprego do sistema de sementes pré-germinadas, que são lançadas diretamente na área cultivada, eliminou as etapas de produção de mudas nas sementeiras e o transplante destas que era realizado a “dedo”. Diante destas condições de trabalho, verificou-se que em momentos específicos, tais como: levantamento dos taludes das lagoas, adubação, lançamento das sementes, controle manual de plantas daninhas, aplicação de agrotóxicos, entre outros, os agricultores recorrem à contratação de trabalhadores, pagando diária por cerca de dois a quatro dias. Além disso, os agricultores relataram incentivar os filhos a estudar.

O grau de escolaridade dos entrevistados, concentrado em analfabetos e semianalfabetos (figura 24) também está relacionado com o fato de terem iniciado a trabalhar na lavoura ainda na infância ou adolescência, não havendo priorização na educação formal, sendo que o grau de escolaridade diminui com o aumento da faixa etária. Todavia, Dolnicar, Hurlimann e Grün (2011) afirmam que o nível educacional pode eventualmente estar correlacionado com altos índices de aceitação pública para o reúso de água, porém, não é o principal fator.

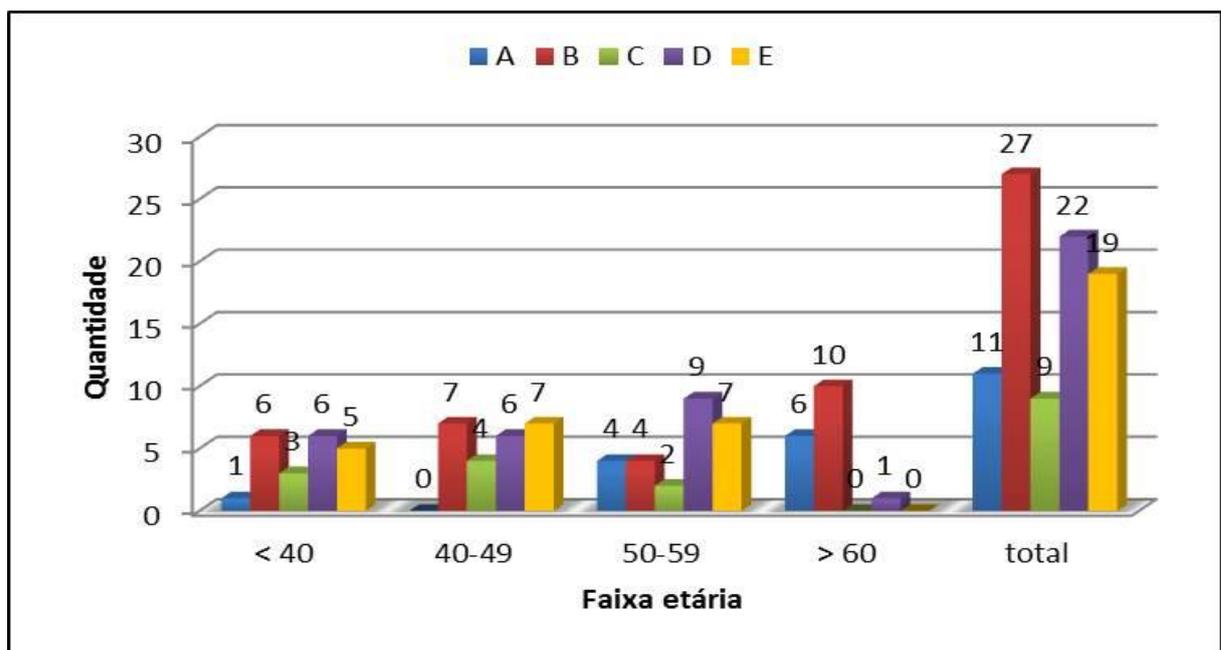


Figura 24 - Distribuição da escolaridade por faixa etária dos agricultores.

Legenda: A – Analfabeto; B – Fundamental Menor incompleto; C – Fundamental Maior incompleto; D – Fundamental Maior completo ou Ensino Médio incompleto e E – Ensino Médio completo ou mais.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Originalmente, o projeto designou um lote de produção para cada família de agricultor, e esta é a situação ainda predominante, tendo em vista que 58 % dos entrevistados afirmaram cultivar apenas um lote na safra corrente. Entretanto, observaram-se 22 % com dois lotes, 11 % com três lotes e o restante com quantidades variando de 4 a 16 lotes (figura 25).

As principais razões relatadas para o cultivo de mais de um lote, em ordem de frequência, foram o arrendamento e a posse por herança dos filhos das famílias originais que contraíram matrimônio. O arrendamento é uma prática comum no perímetro do Betume. Os arrendadores costumam serem proprietários com dificuldades financeiras e inadimplentes em instituições bancárias e sem recursos financeiros próprios para arcar com o custo da produção. Mas há também aqueles com outros motivos, tais como: não ter condições físicas de continuar na lida e sem parentes disponíveis; falta de interesse no negócio por entender não ser suficientemente lucrativo, ou por ter adquirido outra fonte de renda melhor, entre outros.

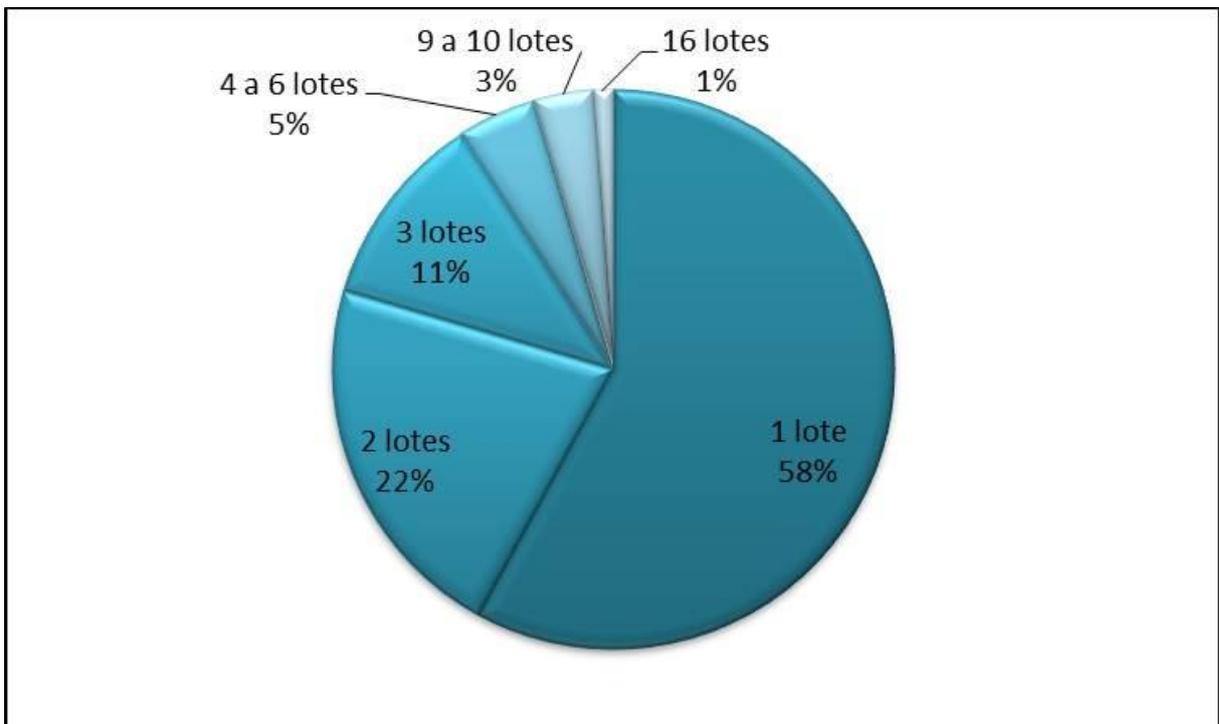


Figura 25 - Distribuição da quantidade de lotes cultivados por agricultor.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Estes lotes estão distribuídos pela área do perímetro, recebendo para irrigação água de distintas estações de bombeamento (EB) do projeto, o resumo apresentado no quadro 07

correlaciona estas estações à fonte de captação e à ocorrência de recirculação de água de drenagem.

Estações de bombeamento	Captação da água	Ocorrência de recirculação da água de drenagem
EB01 e EB09	Rio São Francisco	Sim, constantemente
EB02 e EB03	Rio Betume	Não
EB05	Rio Betume	Eventualmente
EB07 e EB08	Rio São Francisco	Não

Quadro 7 - Correlação das estações de bombeamento, captação da água e recirculação.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Tendo como base este resumo, no gráfico da figura 26, têm-se a distribuição de entrevistados em relação às estações de bombeamento e/ou grupos da qual recebem água para irrigação de seus lotes.

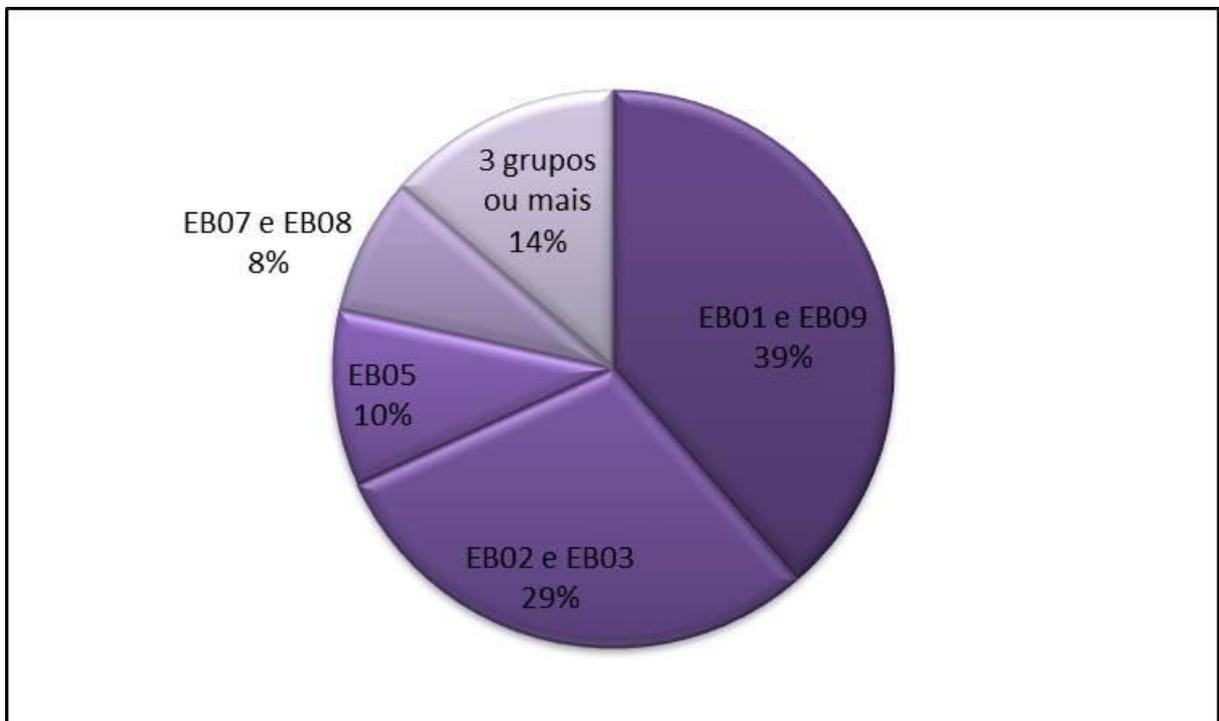


Figura 26 - Distribuição de agricultores entrevistados em relação às EBs fornecedoras.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Esta distribuição quando comparada à quantidade de lotes circunscritos à área de abrangência das EBs, apresentada na figura 27, indica que a aleatoriedade da amostra é representativa neste quesito.

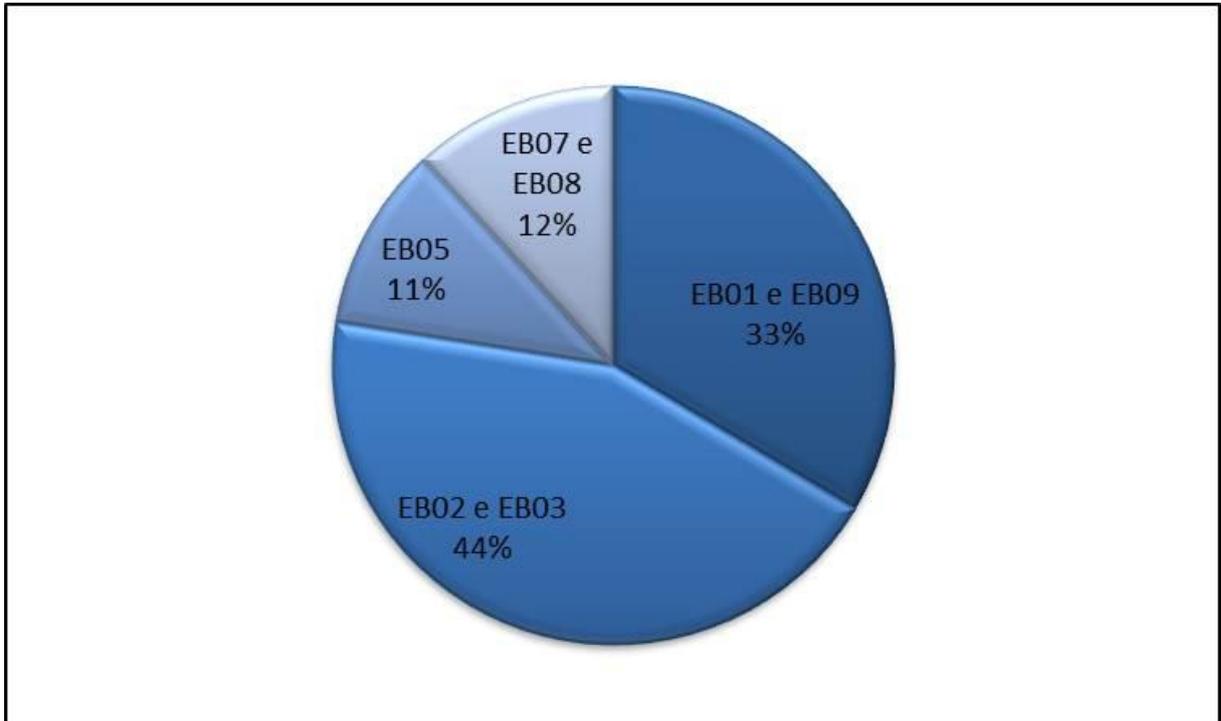


Figura 27 - Distribuição quantitativa de lotes por EBs.
Fonte: DIB, 2014.

Outra característica importante para a compreensão dos resultados é o ponto de vista do agricultor quanto à qualidade da água de drenagem do perímetro irrigado do Betume. Durante as entrevistas foi solicitado que qualificassem a água indicando as causas e os problemas detectados ou possíveis. Dos relatos foi possível demarcar 5 grupos, e no gráfico da figura 28 tem-se a distribuição da opinião dos agricultores quanto à qualidade da água de drenagem em relação aos grupos.

Observa-se que 23 agricultores qualificaram a água de drenagem em mais de um grupo de causas/problemas. Do total da amostra, o grupo A obteve 68 adesões (soma de $A + (A+B) + (A+C) + (A+B+C)$). Assim, a qualificação Poluída/Contaminada é a de maior significância para a população pesquisada, seguida pelo grupo C – Contém pragas com 17 citações. Todavia, além dos números, faz-se necessário descrever estes grupos.

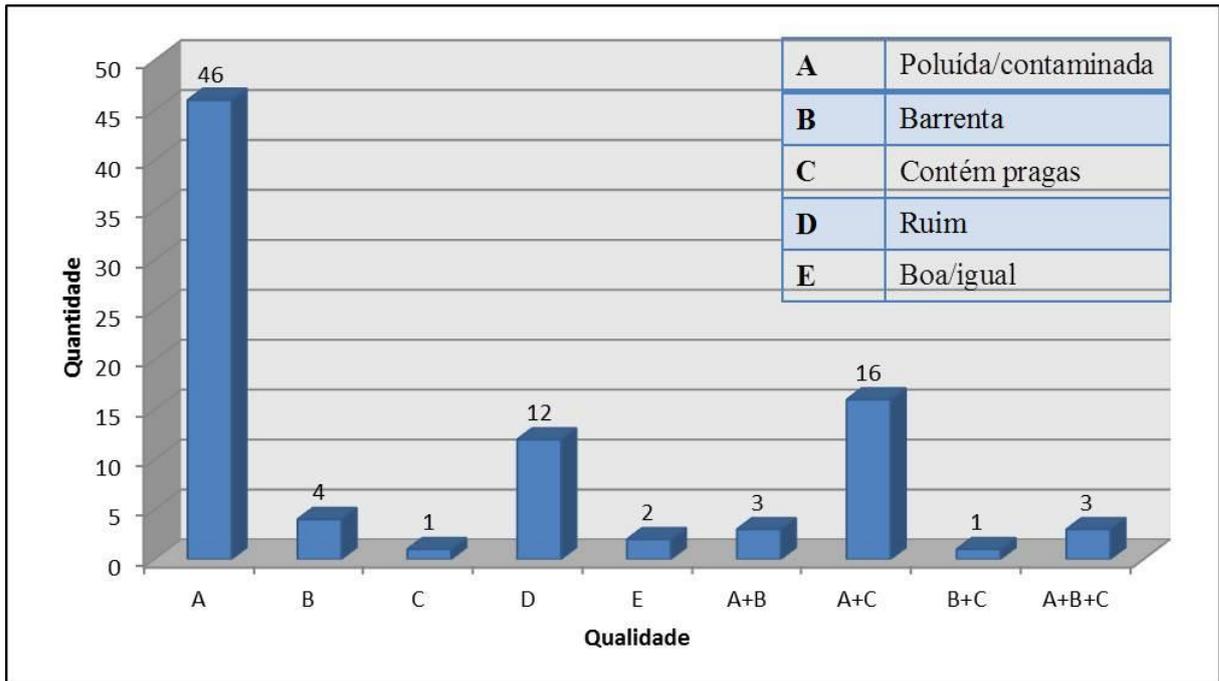


Figura 28 - Distribuição das opiniões dos agricultores quanto à qualidade da água de drenagem.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Grupo A – Poluída/Contaminada. Todos os relatos nos quais constaram os termos: veneno; droga; agrotóxico; remédio; produto químico; poluição; contaminação e similares caracteriza o agricultor que acredita que a água de drenagem teve sua qualidade reduzida ao ser utilizada na irrigação da rizicultura, em função da utilização dos agroquímicos, os quais assumem serem os próprios os agentes poluidores, e ainda expressam reconhecer o risco à saúde, à produtividade do arroz e o potencial risco ao ambiente quando da reutilização ou do despejo inadequado do efluente no Rio São Francisco. Os excertos apresentados na sequência exemplificam o compreendido.

- Quando recebe essa água ela está contaminada com veneno. É raro encontrar um peixe [...] Hoje usa 1000 vezes mais de veneno (**entrevista 03**).
- A água passa dentro do povoado, as crianças vão toma banho, aí já é um perigo. A água, quando ela retorna, ela vem com o veneno, todo mundo joga veneno (**entrevista 07**).
- No caso, aquela água que está reutilizando, ela já vem com bastante, é, todo tipo de veneno que é usado está naquela água (**entrevista 13**).
- Eu sou poluidora, eu acho. Eu joga veneno na bica, joga tudo. Eu gostaria que alguém me ensinasse algo diferente, que eu sou poluidora, eu me considero, como

- é que eu uso tudo e despejo no rio. Eu não tenho culpa, mas eu sou, contribuo pra isso, contribuo pra poluição. Porque eu acho que é ruim, como é que uma água que veio, eu tô colocando lá venenos terrível, que mata. (**entrevista 21**).
- [...] você tirar água daqui com agrotóxico e tudo e joga lá no rio [São Francisco], quando as vezes ela retorna pro mesmo arroz e quando não passa na frente aqui do povoado, da cidade, onde o povo tá tomando banho [nos canais de irrigação], até tem gente que consome, então é uma coisa que não tá correto (**entrevista 23**).
- [...] aí a gente fica incapaz de fazer outras criação, por exemplo, criar peixe, criar camarão [...] aí não pode criar porque a água vai envenenada [...] (**entrevista 24**).
- Primeiro a questão dos resíduos químicos, né? [...] veneno, fósforo, potássio, [...] Nós precisamos usar o agrotóxico, agora não deveríamos devolver esse agrotóxico pra água e nem tão pouco pegar ela novamente pra irrigação, automaticamente contaminando o solo e as pessoas (**entrevista 26**).
- Porque ela é uma água que ela já foi utilizada, a gente já utilizou, ela já sai com teor alto de produto químico utilizado na lavoura, fertilizante, agrotóxico [...] (**entrevista 32**).
- Rapaz não é não, a água é muito perigosa, aquela água, viu? Não tem condições, não [...] porque aquela água é veneno, é muito agrotóxico, e é agrotóxico do pesado [...] (**entrevista 38**).
- Péssima qualidade alí, é porque ela vem com todo que você pensar de veneno, essas coisas (**entrevista 46**).
- Agrotóxico, né? Tem muito produto químico (**entrevista 50**).
- Num tá 100 % não, sinceramente. [...] é água cheia de remédio [...] (**entrevista 52**).
- [...] porque a outra já vem carregada de drogas que a gente bota [...] (**entrevista 64**).
- [...] jogar essa água no rio [São Francisco] é muito pior [...] ela tá com agrotóxico, muito veneno [...] é um crime ambiental [...] (**entrevista 68**).

- [...] deveria ser uma água mais limpa, que é mais sadia pro arroz, contém muito veneno, deveria ser botada pra fora e tratada [...] (**entrevista 72**).
- [...] A gente usa produto pro arroz e pro rato [...] a gente tem que fazer um jeito de não cair dentro do rio São Francisco [...] é uma água contaminada [...] (**entrevista 81**).

Grupo B – Barrenta. Neste estão incluídos os relatos em que os agricultores definem como causa da inferior qualidade da água a presença elevada de sólidos suspensos. Este material particulado aumenta a turbidez (vide os resultados das análises deste parâmetro apresentados no item “d” do tópico 4.2.1) reduzindo a penetração da luz e formando película sobre as folhas do arroz. Quando na fase de germinação da semente e da planta ainda totalmente submersa reduz o desenvolvimento e causa a morte da planta. Nestas condições, para evitar a perda de produtividade realizam a troca da água com frequência consumindo mais água. Os trechos dos relatos a seguir exemplificam o descrito.

- Se o arroz tiver novinho e vier essa água é capaz dele morrer. Ela tando clarinha ela é benvinda (**entrevista 17**).
- [...] Sujeira do próprio barro, ela fica grossa [...] troco mais vezes [a água do lote] a cada 24 horas pra ele não morrer [arroz] (**entrevista 67**).
- [...] Ela já vem com lama [...] depois de grande [o arroz] não prejudica (**entrevista 82**).
- Quer dizer, o arroz já tando nesse jeito aí [crescido] ele já aguenta, agora se ele tiver mesmo germinando com uma água dessa aí, ele morre muito [...] apodrece [...] (**entrevista 85**).

Grupo C – Contém pragas. Este grupo abrange os relatos dos agricultores que notaram o incremento na quantidade e na diversidade de pragas na lavoura do arroz, em comparação com outras safras em que não recebiam água da drenagem para irrigação, ou na safra atual, quando cultivando simultaneamente lotes em áreas atingidas e não atingidas pela recirculação observaram a diferença. Destacam estar aplicando agrotóxicos em maior quantidade e maior

frequência o que eleva a poluição da água de drenagem e aumenta os custos de produção. Esta percepção do agricultor que associa a qualidade da água com a disseminação de pragas e o aumento dos custos de produção também foi registrada na pesquisa de Carr, Potter e Nortcliff (2011).

- [...] na lavoura do arroz água quanto mais limpa [...] não traz lesma, num traz lagarta, num traz nada, aí diminui mais o custo de produção (**entrevista 25**).
- [...] dá muita praga [...] lesma, besouro, um tal de brusone (**entrevista 39**).
- [...] lesma da peste, vem aquele cascudo que dá em arroz, aquela água da peste [...] (**entrevista 51**).
- A qualidade dessa água aqui não é muito boa não [...] dá mais praga do que lá [...] lesma, lagarta, besouro [...] rato, essa bagaceira todo, o que eu já usei de veneno aí, só Jesus mesmo (**entrevista 58**).
- [...] vem uma ruma de praga na água [...] (**entrevista 71**).

Grupo D – Ruim. Aqui se congregam os discursos dos agricultores que apontaram ter a água de drenagem qualidade inadequada, mas não souberam dizer as causas ou problemas associados.

- Aceita porque não tem outra, né? As vezes não tem como bota outra, mas não é bom não, bom é água limpa (**entrevista 04**).
- É uma água sem qualidade (**entrevista 45**).
- Bom, só que fosse como eu falei, fosse tirada amostra, fosse feito pesquisa, pra ver se água tava legal [...] (**entrevista 84**).

Grupo E – Boa/igual. Apenas dois agricultores disseram não haver diferença da qualidade da água de drenagem em comparação com a água do rio São Francisco. Destaca-se que os lotes ondem cultivam são abastecidos pela estação de bombeamento EB09.

- Água por enquanto tá boa [...] (**entrevista 55**).

— Não tem diferença não (**entrevista 56**).

Todavia, o mais importante é o conhecimento de qual contexto fala o agricultor ao fazer suas considerações sobre a aceitabilidade do reuso da água de drenagem.

As respostas dos entrevistados quando solicitados a escolher o grau de aceitação em reutilizar a água de drenagem da lavoura do arroz estão representadas no gráfico da figura 29.

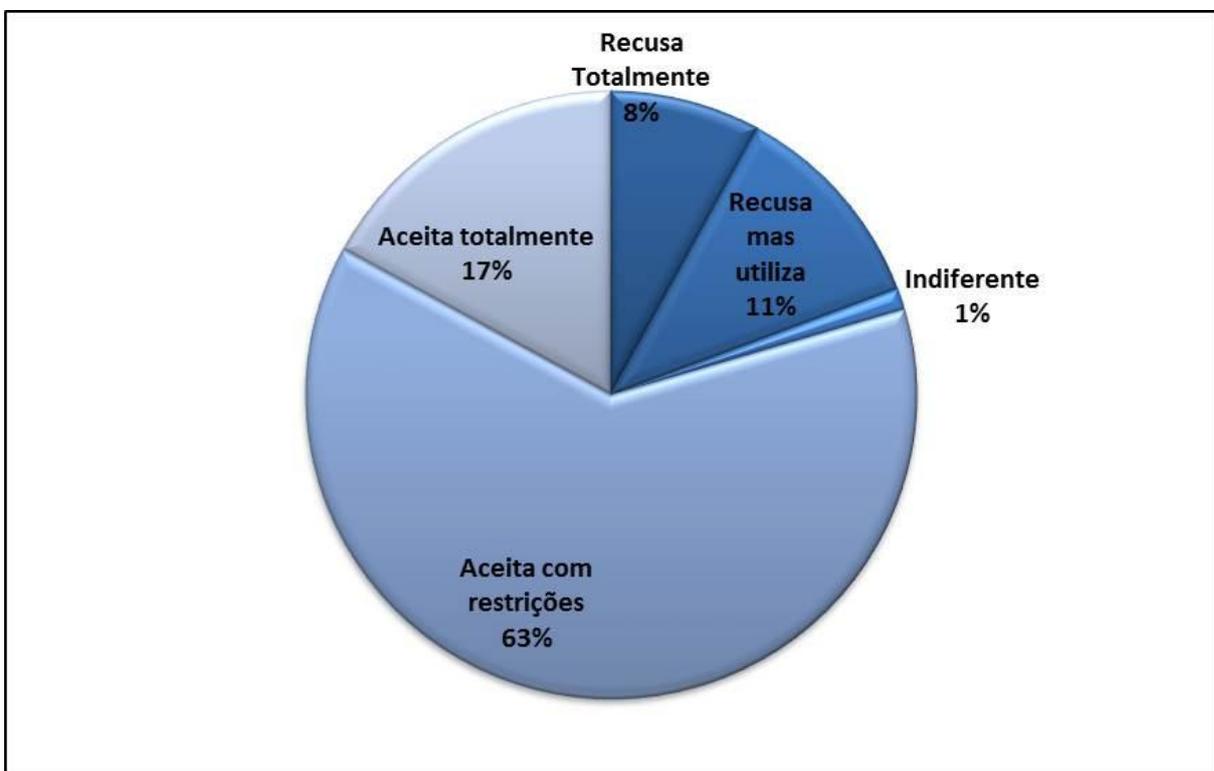


Figura 29 - Distribuição do grau de aceitação dos agricultores quanto ao reuso da água de drenagem.
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Constatou-se com os índices obtidos de 17 % aceitando totalmente e 63 % aceitando com restrições o reuso da água de drenagem do perímetro irrigado do Betume uma condição favorável para esta prática no local, pois, a somatória destes dois representa 80 % da população. Tendo em vista que a rejeição pelos usuários é o maior entrave para o sucesso de projetos de reuso de águas residuárias (HESPANHOL, 2003; 2008; SIMPÓSIO, 2012). Além do mais, Dolnicar, Hurlimann e Grün (2011) e Schaer-Barbosa, Santos e Medeiros (2014, p. 19) reforçam que:

Em situações nas quais a escassez de água é aguda, a população tende a ser mais receptiva em relação ao reúso de água, independentemente de questões culturais. Nesse contexto, a percepção clara de benefícios decorrentes da implantação de tais projetos tende a facilitar a sua aceitação social.

Contudo, buscou-se a compreensão dos processos e razões pelas quais os agricultores optaram por aceitar ou rejeitar a situação ou a proposição, e assim foram solicitados a expressarem suas opiniões e pontos de vista. Dos discursos colhidos emergiram, durante o processo de análise, categorias específicas em cada grupo e categorias gerais, que ora seguem.

Observou-se do único agricultor que escolheu a opção “indiferente” uma postura de indecisão e desinteresse em expor sua opinião, restringindo-se a dizer que não sabia como explicar. Do grupo de 7 entrevistados que optaram em responder “recusa totalmente”, 5 deles têm lotes nas áreas servidas pelas EB02 e EB03, onde não ocorre o reúso. Assim, a opção deles foi de escolha totalmente livre, e justificada pela qualidade da água e os riscos à lavoura:

- Eu acho que não dá certo não, água que botou, bota pra dentro de novo [...] aí volta de novo já é ruim (**entrevista 36**).
- Ah não! Porque aquela água ali já vem usado veneno, e é uma água que eu creio que pra gente irrigar a lavoura vai ser uma água pesada, suja [...] (**entrevista 87**).
- Rapaz, eu não aceitaria usar não a água que volta, né? E que ela já sai contaminada (**entrevista 06**).

Os outros dois, apesar de seus lotes estarem em áreas afetadas pela recirculação, explicaram ser em posição privilegiada, estão bem próximo às estações de bombeamento, no início do canal. Isto significa que a água sempre está correndo, e vigiam quando se capta água “limpa” diretamente do rio para abrir a comporta e abastecer o lote.

Mesmo diante da recusa total, os entrevistados foram provocados a supor uma situação em que não houvesse opção de outra água a não ser a da drenagem. Dois deles ainda aventaram a possibilidade de usar em caso extremo.

- Só se tiver muito precisando, mas se não tiver (**entrevista 18**).

Os outros mantiveram o posicionamento.

— Ahhh! Tem outra sim (**entrevista 83**).

Compreende-se deste grupo não atingido pela falta do recurso a predisposição concreta em não aceitar o uso de uma água de qualidade indesejada. Entre eles, dois apontaram a necessidade de tratamento da água.

Os 11 % (10 agricultores) que escolheram a alternativa “recusa, mas utiliza”, justificaram usar a fim de produzir, esta justificativa está discutida adiante. 7 qualificaram a água como poluída/contaminada e 5 apontaram a necessidade de tratamento da água. 7 deles têm lotes nas áreas que recebem água recirculada e se expressaram da seguinte forma:

- A gente recusa porque é uma água que a gente paga pra ter essa água no lote [...] e pra gente ter acesso a essa água no lote pra ter a lavoura a gente paga por ela, a gente recusa porque ela não é uma água de boa qualidade, mas como não tem jeito, aí a gente recusa mas utiliza, porque não tem outra (**entrevista 32**).
- É o jeito, num tem outra alternativa, se parar de usar não tem água [...] eles não mandam [...] (**entrevista 71**).
- [...] não tem outra coisa na vida pra fazer, tem que aceitar a pulso. Tem que continuar a fazer o que eles quer (**entrevista 70**).

O restante não recebe água da drenagem, mas disseram:

- Não tem outra, precisasse para a lavoura, aceitava (**entrevista 07**).
- Eu aceitaria se não tivesse outro jeito, a água chegando no lote tem que usar (**entrevista 11**).

Nestes excertos, quando citam “eles” compreende-se a insatisfação dos agricultores pelo serviço prestado pelo Distrito de Irrigação do Betume. O DIB é uma associação civil de direito privado sem fins lucrativos (cooperativa), criada por solicitação da CODEVASF, e contratado para gerir a operação, e manutenção da infraestrutura de uso comum (CODEVASF, 2005). Compulsoriamente, congrega todos os agricultores do perímetro que

utilizem água fornecida pelo projeto, sendo anualmente cobrada a taxa de administração da água, destinada a cobrir os custos de mão de obra de prestadores de serviço, como canaleiros, bombeiros, entre outros. Apesar de o DIB ser a representação dos parceleiros, com gerente e conselho escolhido, entre eles, por votação em assembleia, observa-se que estes entrevistados acreditam ser possível aos administradores optarem em distribuir somente água “limpa” ou não. Em assim sendo, a escolha do termo “recuso” foi compreendida como uma forma de protesto.

Entre os que escolheram a opção “aceito totalmente”, 17 % do total, prevaleceu a preocupação quanto a falta do recurso para a produção do arroz.

- Nunca tive problema, nunca tive prejuízo (**entrevista 31**).
- A gente quer água pra botar no arroz [...] vem a gente usa, se é boa ou ruim, vai usando (**entrevista 64**).
- Água que vai pro arroz não tem nada a ver isso não [...] o importante é chegar água (**entrevista 77**).

Apenas 3 dos 15 agricultores deste grupo não convivem com o fato do reuso da água de drenagem, 6 demonstraram saber que a água está poluída/contaminada, entretanto, somente 2 apontaram espontaneamente necessidades de melhorias da qualidade da água, mas nenhum diz ser preciso ter cuidados na utilização. Inclusive apresentou-se, por 2 dois dos entrevistados, uma prática existente e demandada quando não se tem disponível água do canal de irrigação para suprir a necessidade do lote, que consiste em utilizar uma bomba a motor diesel para transferir a água da drenagem para lote, como exemplificado na figura 30.



Figura 30 - Utilização de bomba a motor diesel para transferir água de drenagem para o lote.
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, 2014.

“Aceito com restrições” foi a alternativa escolhida por 63 % dos indivíduos da amostra. Do total de 55 agricultores deste grupo, 22 deles cultivam em lotes fora da área de abrangências das estações de bombeamento onde ocorre a recirculação da água de drenagem, 8 são eventualmente sujeitos a receber esta água, pois são abastecidos pela EB05 e os demais recebem rotineiramente a água de drenagem para irrigação. 84 % qualificaram a água de drenagem como poluída/contaminada.

As restrições relatadas foram compreendidas em duas categorias: Melhorias são esperadas e Precauções são tomadas na utilização. A primeira categoria está subdividida em: Tratamento; Captação e distribuição e Outras e a distribuição destas compõem o gráfico da figura 31.



Figura 31 - Distribuição das restrições por categoria.

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2014.

Na categoria, Melhorias são esperadas, a soma das subdivisões representa 85 % das respostas. Consiste em o agricultor expressar sua concordância em fazer o reuso da água de drenagem para a irrigação da lavoura do arroz, todavia, não está satisfeito com a situação corrente devido sua percepção dos potenciais riscos à saúde, à produtividade do arroz e ao ambiente. Assim, pretendendo um cenário futuro confortável, expõem suas opiniões e sugestões de ações de melhoria.

O tratamento da água de drenagem foi a melhoria apontada por 60 % dos agricultores (33 deles). Pela transcrição dos trechos abaixo, observa-se sugestões de tratamentos relativamente simples como a decantação e a filtração evidenciando que a preocupação maior está na remoção dos sólidos suspensos que dá aparência desagradável à água e prejudica a germinação do arroz. Porém, o tratamento, que pudesse remover os resíduos de agrotóxicos e os microrganismos, é o mais citado, tendo em vista a opinião predominante quanto à qualidade da água de drenagem e seus impactos. Cabe registrar que outros 9 agricultores, além destes, também propuseram o tratamento, assim, somados têm-se 48 % do total de agricultores da amostra sugerindo o tratamento como solução.

- Estação de tratamento já dentro da própria estação de bombas, pra que aquela água fosse [...] como ela vai ser reutilizada pra irrigar o arroz, pra que ela voltasse com uma qualidade melhor pra gente utilizar na produção do arroz e melhor pra gente estar em contato com ela (**entrevista 02**).
- Vir tratada, já pronta, para não tá infectando o rio e nem o arroz, e nem o ser humano (**entrevista 04**).
- Como se fosse um filtramento nela pra ela, pra tirar toda, né? (**entrevista 07**)
- Quando ela cai na levada se tivesse um reservatório grande pra ela assentar (**entrevista 17**).
- Pra ver uma condição de tratar essa água, porque a gente tá trabalhando com uma água contaminada, que pra nossa saúde é o caos (**entrevista 26**).
- Devia ter um reservatório para tratar a água antes [...] (**entrevista 34**).
- É um tratamento [...] devia ter uma reciclagem na bomba, reciclar ela pra depois botar no canal, ela já vim tratada, matar os micróbios, um serviço melhor, um rendimento melhor (**entrevista 44**).
- A água devia ser tratada pra voltar pro rio [...] pode até usar, é melhor até que jogar pro rio [...] economiza até bomba, né? (**entrevista 62**).
- [...] se tratar seria adequado, mas o custo seria tão alto que a gente não teria como manter (**entrevista 68**).
- Rapaz, um tratamento muito sério (**entrevista 86**).

Melhoria na Captação e distribuição da água de irrigação foi sugerida por 16 % entre os entrevistados da alternativa Aceito com restrições (9 agricultores). Registra-se que outros 7 agricultores, além destes, também indicaram esta possibilidade, representando 18 % do total da amostra. Na compreensão dos discursos, em que se exemplificam alguns trechos abaixo, têm-se os agricultores que atribuem a insuficiência de água para irrigação à situação precária do sistema de bombeamento para captação da água do rio São Francisco, já que a maioria das bombas está em uso desde a implantação do projeto, e frequentemente param por problemas mecânicos ou elétricos. Além de os canais de irrigação com alvenaria deteriorada causarem perda d'água pelo caminho, reduzindo a vazão e o volume projetado, entre outros problemas.

Outros, mesmo tendo notado a redução do volume de água do rio São Francisco, têm o ponto de vista que ainda há bastante água e a solução sugerida é a de se cavar o canal que dá acesso entre o leito do rio e o ponto de acesso para adução ou colocar bombas flutuantes. Cabe frisar, que não se trata de sugestões baseadas em ideias dos proponentes, mas sim vividas, pois estas ações ocorrem anteriormente, inclusive observaram-se bombas flutuantes em operação durante a pesquisa de campo.

Ademais, mesmo tendo qualificado a água como Poluída/contaminada, priorizaram os riscos econômicos da qualidade de água para a produção e riscos à saúde em detrimento aos impactos nos recursos naturais.

- Eu creio como foi feito no projeto, no começo [...] se tivesse como usar a bomba que colocava do rio [...] eu acharia mais interessante (**entrevista 13**).
- Amilhorar? É [...] cava mais a beirada do rio e tocasse a água do rio pra [...] bomba [...] que já tem as bombas, mas as bombas tudo desmantelada [...] velha (**entrevista 28**).
- Se a CODEVASF aí, quisesse cava alí o rio, uns 100 metros, 50 metros, cavando pronto, aí dá no canal do rio e bomba direto do rio [...] (**entrevista 38**).
- Rapaz, pra resolver isso, vai para o projeto [...] a bomba mais pra fora [...] (**entrevista 51**).
- [...] gostaria que viesse água do rio São Francisco [...] a bomba [...] que funcionasse tudo, pra jogar uma água adequada pra gente [...] (**entrevista 52**).

Outros 9 % (5 agricultores) não souberam opinar claramente como seria a maneira de se melhorar a qualidade ou aumentar a quantidade da água para a irrigação.

- [...] se melhorasse a qualidade da água melhor, né? (**entrevista 10**).
- Teria que ter uma tecnologia pra amilhorar essa água. Sim, porque cai tudo a química que a gente joga no arroz ela sai no rio. (**entrevista 49**).
- [...] Como eu quero que o nível do rio suba, hein? Só Deus mesmo, né? Eu acho! (**entrevista 59**).

A categoria Precauções, insere os 8 agricultores (15 %) que relataram restrições em relação ao contato com a água, tais como: evitar o contato com o corpo e utilizar botas para entrar dentro do lote inundado, e o manejo diferenciado da água durante a fase que o arroz está germinando.

- Tomaria mais cuidado, usaria uma bota, alguma coisa, contato mínimo ia ter com ela (**entrevista 12**).
- [...] aquela água podre do diacho num pode nem tomar um banho [...] se passar dois ou três dia o arroz fica escuro [...] (**entrevista 51**).
- Usaria bota, num pisaria numa água poluída, do riacho [...] (**entrevista 53**).
- Não deixar ela demorar parada, molha o chão e solta (**entrevista 65**).

Posto que 80 % dos agricultores do perímetro irrigado do Betume aceitam a prática do reuso da água de drenagem do sistema, coube verificar como justificam esta aceitação e para tal foram inqueridos. A seguir são reproduzidos trechos que exemplificam a fala de 93 % da população (82 agricultores da amostra).

- Porque precisa da água, senão, não tinha como plantar arroz [...] Quem planta arroz aqui no projeto não pode recusar totalmente a não ser que deixe de plantar. Quem planta arroz aqui é porque precisa, vive dessa cultura, dessa atividade para sobreviver (**entrevista 14**).

- Eu sou obrigada, eu vivo disso [...] quem fez o projeto, fez pra mim trabalhar dessa forma, alguém tá me obrigando. Se eu planto arroz, eu preciso da bomba, vou fazer o quê pra botar água na minha lagoa? (**entrevista 21**).
- Meu irmão, o jeito que tem é usar, porque não tem outra opção, e ficar sem trabalhar é pior, a gente que tem nossa família, a gente sobrevive através deste lote [...] (**entrevista 34**).
- O prejuízo que eu tenho, que eu acho que dá, é só na falta da água, né? [...] Agora a falta de água é que dá problema, se não tiver água não tem arroz (**entrevista 47**).
- Ia aceitar sim, porque o cara sempre precisa ter água, tem que pegar a pulso, porque se não usar o arroz morre (**entrevista 50**).
- Num tem condições, a gente usa porque não vai deixar morrer, né? [...] Se não usar perde o produto (**entrevista 65**).
- [...] Não tem como plantar outra lavoura, nesta região, porque é irrigação só dá o arroz [...] não tem outra alternativa [...] (**entrevista 68**).
- Ruim é não chegar água no lote [...] pelo menos tá ajudando a muitos que o arroz tá morrendo e essa água tá servindo muito [...] (**entrevista 76**).
- Aceitar porque é o seguinte, é o recurso que nós temos né? (**entrevista 84**).

Observa-se que, fundamentados na prerrogativa de obter os recursos para prover o sustento da família, e o cultivo do arroz colocado como a fonte principal, os agricultores justificam serem compelidos pelo contexto existente a utilizarem os recursos disponibilizados a fim de garantir a produção.

Diferentemente de outras pesquisas em que a mensuração da aceitabilidade ao reuso de água residuária se deu a partir da apresentação de contextos projetados, e como tal, delineado idealmente para minimizar os potenciais riscos à saúde, à economia e à degradação dos recursos naturais, de acordo com os conhecimentos científicos disponíveis e em contextos em que não ocorria a efetiva falta de água. De maneira, que os pesquisados puderam expor com liberdade de escolha suas percepções advindas de seu construto social, onde conhecimentos, experiências, crenças, receios, aversões, entre outros, compuseram suas

justificativas para a aceitação ou a recusa do proposto (SANTOS et al., 2012; SCHAER-BARBOSA, 2012). No perímetro irrigado do Betume a aceitação se dá diante de um cenário redutor de escolhas individuais.

Cenário que tem como pano de fundo as políticas públicas voltadas para a produção de energia elétrica, que no passado impôs, arbitrariamente do ponto de vista da população local, a mudança do sistema de cultivo de arroz, naturalmente regido pelas cheias e vazantes dos rios locais, para um sistema dependente de uma infraestrutura construída para a irrigação controlada tecnologicamente, ao qual tiveram que se adaptar. No presente, ao se reduzir o potencial de adução de água para o sistema, impôs ao perímetro do Betume uma crise de falta de água. No processo de enfrentamento da crise, os usuários do sistema tiveram que se conformar em empregar o reuso direto da água de drenagem a fim de não parar a produção. Portanto, a aceitação dos agricultores foi justificada por questão de ordem econômica.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados desta pesquisa observou-se a ocorrência evidente de poluição/contaminação da água de drenagem do perímetro irrigado do Betume em função de ações antrópicas. Verificou-se que os órgãos públicos estão atuando para prover e adequar a infraestrutura de saneamento básico. Entretanto, recomendam-se ações educacionais focadas em saúde e conservação ambiental para a população da área. Para minimização dos potenciais efeitos poluidores da rizicultura é sugerida a implantação de práticas mais limpas de cultivo.

Concluiu-se que os parâmetros de qualidade da água: DBO; turbidez e coliformes totais apresentaram-se acima dos limites normativos da Resolução CONAMA 357/2005, indicando necessidade de monitoramento e tratamento da água de drenagem para fins de enquadramento na classe 3. Quanto à adequabilidade da água para a rizicultura, recomenda-se pesquisar a origem do manganês presente na água de drenagem, e mensurar os teores no solo, de modo a avaliar se existe o risco de intoxicação para o arroz.

80 % dos agricultores aceitam o reuso da água de drenagem para irrigação que está ocorrendo, porém demandam adequações da situação vigente, apontando principalmente a necessidade de tratamento do efluente a fim de minimizar perdas econômicas, riscos à saúde e a degradação dos recursos naturais. Este grau de aceitabilidade obtido indica um momento propício para que esforços conjunto dos órgãos públicos, dos administradores e dos agricultores do perímetro irrigado do Betume, em torno do planejamento e de ações de apropriação técnica do reuso de água ocorram, e resultem na consolidação do aproveitamento do potencial deste recurso hídrico, enfim contribuindo para a melhoria da sustentabilidade local, e servir de referência aos outros perímetros irrigados do país.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O. ; SANTOS, D.; MOREIRA, F. D. Caminhos da gestão de recursos hídricos: o caso da sub-bacia hidrográfica do riacho Jacaré, Baixo São Francisco Sergipano. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 12-25, 2008.

ALMEIDA, M. M. M., et al. Avaliação da qualidade das águas de drenagem do perímetro irrigado de Morada Nova–CE e possibilidades de reuso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011 Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2011. Disponível em:
<http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/a994fdd20d1b2a168228cbd2cf957514_ec90be011e650f6baec0c0147f5ac428.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2014.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em:
<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

ASN – AGÊNCIA SERGIPE DE NOTÍCIAS. Baixo São Francisco já tem Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos. In: ASN. **Notícias**. Aracaju, 2014. Disponível em:
<http://www.agencia.se.gov.br/noticias/leitura/materia:40025/baixo_sao_francisco_ja_tem_plano_intermunicipal_de_residuos_solidos.html>. Acesso em: 21 jan. 2015.

AMARO, A.; PÓVOA, A.; MACEDO, L. **A arte de fazer questionários**. Porto/PT: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2009. Disponível em:
<<http://www.jpcaiva.net/getfile.php?cwd=ensino/cadeiras/metodo1/20042005/894dc/f94c1&f=a9308>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília/DF: ANA, 2002.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **RESOLUÇÃO Nº 442, DE 8 DE ABRIL DE 2013**: Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó... Brasília/DF: ANA, 2013. Disponível em:
<<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/442-2013.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2013.

ANDRADE, M. H. **Impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul – trecho Taubaté**. 2010, 88 f. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté. Taubaté/SP: UNITAU, 2010.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 1 rev. 2. reimp. Roma: FAO, 1999. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 1999.

BARTONE, C. R.; ARLOSOROFF, S. Reuse of pond effluent in developing countries. **Water Sci. Tech**, London, v. 12, n. 19, p. 289-297, 1987.

BASTOS, R. K. X. (Coord.) **Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (Programa de Pesquisa de Saneamento Básico 3) - Esgoto, PROSAB, 2003.

BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília/DF. **Conferência...** Brasília/DF: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infection**, Merced/USA, v. 4, p. 413-423, 2002.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BRAATZ, S.; KANDIAH, A. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques Unasylya. **Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales**, Rome/Italy, v. 47, n. 185, p. 45-52, 1996.

BRACKETT, R. E. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. **Postharvest Biology and Technology**, Washington DC, v. 15, p. 305-311, 1999.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos... Brasília/DF: DOU, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 15 dez. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA 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. Brasília/DF: DOU, 2011. Disponível em:

<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 26 jan. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras. Brasília/DF: MMA, 2005a. Disponível em: <[providências.http://www.mma.gov.br/port/legiabre.cfm?codlegi=459](http://www.mma.gov.br/port/legiabre.cfm?codlegi=459)>. Acesso em: 15 dez. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **RESOLUÇÃO Nº 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005**: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Brasília/DF: MMA, 2005b. Disponível em: <www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=37>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **RESOLUÇÃO Nº 121, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010**: Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal... Brasília/DF: MMA, 2010. Disponível em: <www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1414>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BROWN, L. **Escassez de água contribui para déficit na colheita mundial**. Cairú/BA: Universidade Livre da Mata Atlântica, 2002. Disponível em: <www.wiiuma.org.br/lb_graos.htm>. Acesso em: 31 out. 2012.

CÂMARA, J. B. D.; SANTOS, T. C. C. (Orgs.). **GEO Brasil 2002**: perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília/DF: IBAMA, 2002.

CARR, G.; POTTER, R. B.; NORTCLIFF, S. Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 847–854, 2011.

CARVALHO, R. S. **Influência do reúso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinada à alimentação animal**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

CEBALLOS, B. S. O. Eliminación de microorganismos por medio del tratamiento de las aguas residuales. In: MENDONÇA, S. R. (coord.). **Sistemas de lagunas de estabilización** –

Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Bogotá/Colombia: McGraw-Hill, 2001. p. 107-137.

CETESB. Histórico da legislação hídrica no Brasil. In: CETESB. **Águas superficiais.** São Paulo: CETESB, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/38-Historico-da-Legisla%C3%A7%C3%A3o-H%C3%ADdrica-no-Brasil>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

CODEVASF. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA. **Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASAF.** 4ª Superintendência regional. 2005. Disponível em: <intraplone.codevasf.gov.br/...de.../diagnostico/diagnostico-4a-sr.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2014.

CODEVASF. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA. **Betume.** 2013. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/betume>>. Acesso em: 31 jul. 2014.

DALTRO FILHO, J. **Saneamento ambiental: Doença, saúde e o saneamento da água,** São Cristóvão/SE: UFS, 2004.

DANTAS, I. L. A. **Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*raphanus sativus L.*).** 2011. 40 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2011.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande/PB, v. 18, n. 12, p. 1296–1301, 2014.

DOLNICAR, S.; HURLIMANN, A.; GRÜN, B. What affects public acceptance of recycled and desalinated water? **Water Research,** v. 45, p. 933 – 943, 2011.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande/PB, v. 4, n. 1, p. 57-62, 2000a.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na Produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo Em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande/PB, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000b.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Wastewater treatment and use in agriculture. **Riego y Drenaje**, Roma/Italy, n. 47, Estudio FAO, 1992.

FERREIRA, R. P.; SALGADO, L. T.; JORGE, H. D. Tolerância de cultivares de arroz ao alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília/DF, v. 21, n. 12, p. 1257-1260, 1986.

FIGUÊIREDO, G. J. A. **Avaliação da Presença de Alumínio na Água do sistema de Abastecimento Público da Cidade de João Pessoa e Grande João Pessoa no Estado da Paraíba e os Possíveis Riscos para a Saúde da População**. 2004. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB: UFPB, 2004.

GRÜTZMACHER, D. D. et al. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 12, n. 6, p. 632–637, 2008.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, Salvador/BA, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008.

HESPANHOL, I.; PROST, A. WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality. **Water Research**, London, v. 28, n. 1, p. 119-124, 1994.

JHANSI, S. C.; MISHRA, S. K. Emerging Technology in Urban Areas of Developing Countries for Sustainable Wastewater Treatment and Reuse. **Global Journal of Environmental Research**, Dubai, v. 6, n. 3, p. 91-99, 2012.

KING, A. D. et al. Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 459-461, 1991.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: 3. ed. Átomo, 2010

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: **Estado das águas no Brasil – 1999: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília/DF: SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p. 73-82.

MACEDO, L. C.; NASCIMENTO, N. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; FERREIRA, R. A. Diagnóstico sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim-Mirim, Sergipe. **Magistra**, Cruz das Almas/BA, v. 20, n. 4, p. 389-397, 2008.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 14. ed., rev., atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2006.

MANCUSO, P. C. S. Tecnologia de reuso de água. In: MANCUSO P. C. S.; SANTOS, H. F. (Org.). **Reuso da água**. São Paulo/SP: Manole, 2003.

MARA, D. D.; KRAMER, A. The 2006 WHO guidelines for wastewater and greywater use in agriculture: A practical interpretation. In: AL BAZ, I.; OTTERPOHL, R.; WENDLAND, C. (editors). **Efficient management of wastewater Its treatment and reuse in water-scarce countries**. Berlim/Alemanha: Springer, 2008. cap.1, p.1-17.

MARTINELLI, S. Indicadores microbiológicos e padrões de qualidade de água. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Editores). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. Cap. 16, p. 299-312.

MARTINI, L. F. D., et al. Risco de contaminação das águas de superfície e subterrâneas por agrotóxicos recomendados para a cultura do arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.10, p. 1715-1721, out, 2012.

MATTOS, M. L. T., et al. **Qualidade da Água de Drenagem em Cultivo de Arroz Pré-germinado**. Pelotas/RS: Embrapa, 2012. Circular Técnica 125. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67334/1/CIRCULAR-TECNICA-125-2.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 12, n. 2, p. 109–115, 2008.

MENDONÇA, L. C. et al. Caracterização e avaliação da ETE Rosa Elze para reúso do efluente, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 9 supl., p.143-145, 2005.

MENDONÇA, S.R. **Sistemas de lagunas de estabilización** – Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Bogotá: McGraw-Hill, 2001.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária**. Brasília/DF: MMA, 2006.

MÖBUS, G. **Qualigraf** – programa de análise gráfica da qualidade da água. versão 1.1. Fortaleza/CE: FUNCEME, 2014. Disponível em:
<<http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/2>>.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 2. ed. rev. Ijuí: Unijuí, 2011.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgotos tratados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and nutrition**, v. 34, p. 371 - 401, 1994.

PELCZAR, M. J; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1997.

PEREIRA, G. D. et al. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, v. 25, n. 3, p. 625-633, 2001.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectiva para o meio ambiente mundial – 2002: Geo 3, passado presente e futuro**. OSTORINO, R. (coord.); SHELLARD, S.; CORREA, N. B. (Trad.). Brasília/DF: IBAMA/UMA, 2004.

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, L. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 2007.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 30., 2014, Bento Gonçalves/RS. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil** Santa Maria/RS : Sociedade Sul--Brasileira de Arroz Irrigado, 2014. Disponível em:
<http://www.irga.rs.gov.br/download/20141205095320recomendacoes_tecnicas_sosbai_2014.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

RIBEIRO, M. R. Manejo do solo e da água em perímetros irrigados da região Nordeste do Brasil. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (orgs.). **Manejo e**

conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2010. p. 171- 180.

SANTOS, E. A.; CORREIA, N. M.; BOTELHO, R. G. Resíduos de herbicidas em corpos hídricos - Uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá/PR, v.12, n. 2, p. 188-201, mai./ago. 2013.

SANTOS FILHO, J. S. **Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do girassol (*helianthus annuus L.*)**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

SANTOS, V. S. et al. Aceitabilidade da população quanto a prática do reúso como uma perspectiva no âmbito do desenvolvimento sustentável. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró/RN, v. 7, n. 2, p. 25-38, abr.-jun. 2012.

SCHAER–BARBOSA, M. **A Percepção de agricultores familiares e formuladores de políticas – O reúso da água no Semiárido Baiano**. 2012. 285 f. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA: UFBA, 2012.

SCHAER–BARBOSA, M. A.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 17-32, abr.-jun. 2014.

SCHMIDT, F. et al. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, v. 37, n. 5, p. 1226-1235, 2013.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Reenquadramento dos Corpos d'Água do Estado de Sergipe** (Resolução CONAMA nº 357/2005) (RE-4). Aracaju: SEMARH, 2010a.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe - classificação dos solos – Bacia do Rio São Francisco**. Aracaju: SEMARH, 2010b. Disponível em: <http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse//resources/saofrancisco_classicsolo.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R. Qualidade da água para a agricultura irrigada. In: AGUIAR NETTO, A. O.; BASTOS, E. A. (Editores técnicos). **Princípios agronômicos da irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 193-218.

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Heavy metal toxicity in rice and soybean plants cultivated in contaminated soil. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 61, n.2, p. 248-254, 2014.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Editores). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REÚSO DE ÁGUA, 1., 2012. Curitiba. **Palestras do...** Curitiba: ABES-PR, 2012. Disponível em: <<http://www.abesreusodeagua.eco.br/palestras>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

SIQUEIRA, O. J. W. et al. Diagnóstico da fertilidade dos solos do Estado de Sergipe, em âmbito municipal, utilizando banco de dados geográficos e SIG. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., Aracaju, 2006. **Anais...** Aracaju: RESGEO, 2006. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/094_t.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2015.

SITARZ, D. (Editor). **AGENDA 21**: The Earth summit strategy to save our planet. Boulder, Colorado/USA: Earthpress, 1994.

SOUZA, M. O. A utilização de metodologias de diagnóstico e planejamento participativo em assentamentos rurais: o diagnóstico rural/rápido participativo (DRP). **Revista Em Extensão**. Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 34 – 47, 2009

SOUZA, N. C. **Avaliação de micropoluentes emergentes em esgotos e águas superficiais**. 2011. 183 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 2011.

STEFANI, J. A. **Avaliação comparativa do efeito de compostos fungicidas sintético e natural por parâmetros biológicos do solo**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) - Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. São Paulo: Instituto Biológico de São Paulo, 2010.

SZIKSZAY, M. Geoquímica das águas. **Boletim IG-USP**. Série Didática, São Paulo, n. 5, 1993. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsd/n5/01.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2015.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo**: Guia prático DRP. Brasília/DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**: Wastewater Use in Agriculture. v. 2. Genebra/Suíça: WHO, 2006.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**. Genebra/Suíça: WMO, 1997.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **A guide to world resources 2000-2001**: People and ecosystems: The fraying web of life. Washington/DC: WRI, 2000.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA**FORMULÁRIO DE PESQUISA AOS IRRIGANTES DO BETUME**

Data:

Nº da entrevista:

Nome do entrevistado:

Idade:

Sexo: Masculino () Feminino ()

Nível de escolaridade:

- () Analfabeto
- () Fundamental Menor incompleto
- () Fundamental Maior incompleto
- () Fundamental Maior completo ou Ensino Médio Incompleto
- () Ensino Médio completo ou mais

Há quanto tempo cultiva arroz no PIB?

Está cultivando quantos lotes nesta safra?

Qual (is) o número (s) do (s) lote (s)?

Qual tem sido sua postura diante da situação de utilização da água da drenagem para a irrigação do arroz?

- () Recuso totalmente
- () Recuso mas utilizo normalmente
- () Indiferente
- () Aceito com restrições
- () Aceito totalmente