



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ ALFREDO DE ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL DE SOLOS DEGRADADOS POR SAIS
NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, CEARÁ**

FORTALEZA

2015

JOSÉ ALFREDO DE ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL DE SOLOS DEGRADADOS POR SAIS NO
PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

Coorientador: Prof. Dr. Renato Sílvio da Frota Ribeiro.

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

-
- A31a Albuquerque, José Alfredo.
Avaliação do passivo ambiental de solos degradados por sais no perímetro irrigado Curu Pentecoste, Ceará / José Alfredo Albuquerque. – 2015.
83 f. : il. color. , enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo nonato Távora Costa.
Coorientação: Prof. Dr. Renato Sílvio da Frota Ribeiro.
1. Engenharia agrícola. 2. Dano ambiental. 3. Responsabilidade legal. I. Título.

JOSÉ ALFREDO DE ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL DE SOLOS DEGRADADOS POR SAIS NO
PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Aprovada em: 19/05/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC-Brasil)

Prof. Dr. Renato Sílvio da Frota Ribeiro (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC-Brasil)

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-Brasil)

Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC-Brasil)

Prof. Dr. Francisco Nildo da Silva
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab-Brasil)

A minha esposa, Ivanise Maciel de Albuquerque, aos filhos, José Alfredo de Albuquerque Junior, Luciano Maciel de Albuquerque e Denise Maciel de Albuquerque Cabral, por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, sendo os maiores incentivadores dessa conquista.

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por tudo que me proporcionou ao longo de minha existência.

Aos meus pais, in memoriam.

À minha família, representada por minha esposa, filhos, filha, noras, genro e netas, pela força, apoio, incentivo e compreensão.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, instituição que trabalho e que sempre representou a minha Universidade, pelos conhecimentos adquiridos nos muitos anos dedicados ao nordeste brasileiro, principalmente ao nosso semiárido.

Ao meu Coordenador de Desenvolvimento Tecnológico e Produção, Douglas Augusto Pinto Junior, que mesmo não estando entre nós, sempre esteve presente e prestativo para tender as solicitações a que lhe dirigia.

Ao meu amigo e colega de trabalho, Francisco Alberto de Oliveira, a quem estendo aos demais, pela presteza de atender, sem medir esforços, as minhas solicitações de informações.

À Universidade Federal do Ceará e ao seu Departamento de Engenharia, pela oportunidade e incentivo para realização deste trabalho.

Ao Prof. Raimundo Nonato Távora Costa, meu amigo e orientador do doutorado, que motivou meu ingresso na iniciação científica do curso de doutorado em Engenharia Agrícola, a quem tenho respeito, admiração, confiança, amizade, gratidão e oportunidade que contribuíram ainda mais na minha formação profissional.

Ao Coorientador, Prof. Dr. Renato Ribeiro, que com seus conceitos norteadores do Direito Ambiental apontou os caminhos da responsabilidade legal na luta pela recuperação dos passivos ambientais gerados pela irrigação.

Ao Prof. Dr. Claudivan Feitosa, pela presteza, apoio técnico e financeiro no desenvolvimento da pesquisa de campo e em todas as ocasiões que se fizeram necessárias, em especial na disponibilização do laboratório de solos/água.

A Professora Dra. Marisete Dantas, que abriu espaços que permitiu trabalhar a Gestão Ambiental e a sustentabilidade no âmbito dos perímetros irrigados.

A Dra. Antônia Leila Rocha Neves, que por seu intermédio forneceu o apoio financeiro do Instituto Nacional Científico Tecnológico em Salinidade – INCTSal no decorrer dos trabalhos de pesquisas.

Aos membros da banca, Hans Raj Gheyi, Marisete Dantas de Aquino e Francisco Nildo da Silva, por terem aceitado o convite e disponibilizado tempo para contribuir no enriquecimento dessa Tese.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela ampliação dos conhecimentos em minha formação profissional e nas áreas de pesquisa, em que tive uma ótima convivência e respeito.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo no Semiárido (GPEAS – Semiárido), em especial a Cláudia, Humberto Gildo e Paulo Gleidson, pela contribuição nos trabalhos de pesquisa de campo na Fazenda Experimental do Vale do Curu – FEVC.

As contribuições de Bruna na formatação da apresentação. Também aos colegas e companheiros Fabrício, Thiago, Luana e Lourenço, com ajuda e incentivo à realização da pesquisa de campo.

Ao Distrito de Irrigação – Audipecupe, e aos agricultores irrigantes do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, pelo apoio e disponibilização de informações e coleta de dados.

RESUMO

A pesquisa tem como base física o Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, jurisdicionado ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, e como objetivo geral quantificar a extensão, o custo da reversão e a responsabilidade legal pelo passivo ambiental. A irrigação pública no semiárido brasileiro tem gerado como subproduto a degradação dos solos por sais, formando um passivo ambiental, cuja responsabilidade legal da reversão é do poder público. Para quantificar a extensão e o custo da reversão do dano ambiental, inicialmente, aplicou-se um questionário aos agricultores irrigantes para analisar o significado que eles dão aos problemas relacionados com a irrigação, com a água de irrigação e com a degradação dos solos. Posteriormente, utilizou-se um sensor de indução eletromagnética para medir a condutividade elétrica no solo, estimando-se o total de sais solúveis em sua solução. Os valores da condutividade elétrica aferidos pelo sensor nortearam a coleta de amostras de solo para fins de análise física e química, procedendo-se à identificação das áreas degradadas por sais. Com a definição da extensão dos danos ambientais, levantaram-se os valores de produtividade das principais culturas e o valor bruto da produção agrícola, para aferir os custos da reversão do passivo ambiental. Os resultados demonstraram uma hipossuficiência financeira e técnica dos agricultores irrigantes; que a degradação ambiental por sais atinge 67,27% da área do perímetro irrigado. Conclui-se que, em decorrência dos aspectos de solidariedade, a responsabilidade civil objetiva na reparação do dano ambiental provocado pela irrigação é do poder público.

Palavras-chave: Dano ambiental. Passivo ambiental. Auditoria ambiental. Responsabilidade legal.

ABSTRACT

The research has as a physical basis the Curu Pentecoste Irrigated Perimeter, under jurisdiction of the Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (National Department of Works to Combat Drought) and as an objective quantify the extent, the cost of reversal and legal responsibility for the environmental liability. The public irrigation in the Brazilian semi-arid has generated salt-induced soil degradation as a by-product, originating a legal liability, and its legal responsibility lies with the state authority. To quantify the extent and cost of reverting the environmental damage, initially, a survey was conducted among irrigating farmers to analyze the meaning they give to the problems related to the irrigation, the water used in irrigation and the degradation of the soil. Beforehand an electromagnetic induction sensor was used to measure the electrical conductivity in the soil, estimating the total of soluble salts in its solution. The electrical conductivity values obtained by the sensor oriented the collection of soil samples for the purposes of physical and chemical analyses, proceeding to the identification of the areas degraded by salt. With the definition of the extent of the environmental damage, the values of the main crops and the gross value of the agricultural production were collected to assess the costs of reverting the environmental liability. The results showed financial and technical insufficiencies of the irrigating farmers; that the environmental degradation by salt reaches 67,27% of the irrigated perimeter. In conclusion, as a result of the solidarity aspects, the strict civil liability in repairing the environmental damage caused by irrigation lies with the state authority.

Keywords: Environmental damage. Environmental liability. Environmental audit. Legal responsibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Valores percentuais dos solos degradados por sais do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, conforme classificação dos solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976).....	50
Figura 2 - Isolinhas de salinidade (dS m^{-1}) no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará.....	51
Figura 3 - Isolinhas de sodicidade (PST) no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste.....	51
Figura 4 - Produtividade média total por Núcleo Agrícola, da cultura do coqueiro, referente ao ano de 2014, nos solos degradados por sais do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.....	20
Tabela 2 - Risco de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.	21
Tabela 3 - Concentração de íons em água e respectivos riscos de toxicidade às plantas..	21
Tabela 4 - Influência da salinidade dos solos no crescimento das plantas.....	26
Tabela 5 - Influência da sodicidade em relação à produção das plantas.....	26
Tabela 6 - Data de ingresso dos irrigantes que foram entrevistados no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, 2012.....	46
Tabela 7 - Áreas degradadas por sais, em hectare, de cada Núcleo Agrícola do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, conforme classificação de solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976).....	49
Tabela 8 - Produtividade média da cultura do coqueiro, referente ao ano de 2014, por Núcleo Agrícola, no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, conforme classificação de solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976).....	53
Tabela 9 - Custo de recuperação dos coletores secundários do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, 2014.....	54
Tabela 10 - Composição do custo de instalação de 1,0 ha de drenagem subterrânea.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Semiárido brasileiro.....	15
2.2	Degradação do solo pela irrigação.....	16
2.3	Viabilidade econômica da recuperação de solos degradados por sais.....	27
2.4	Passivo, ativo e auditorias ambientais.....	28
2.5	A nova Lei de Irrigação e sua preocupação com a prevenção da degradação ambiental.....	31
2.6	Gestão ambiental sustentável dos Projetos Públicos de Irrigação: o econômico, o social e o sustentável.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1	Caracterização do local da pesquisa.....	36
3.2	Entrevista com os agricultores irrigantes do perímetro irrigado.....	37
3.3	Passivo ambiental gerado como subproduto da irrigação.....	38
3.4	Produção agrícola nos solos degradados por sais.....	39
3.5	Custo da recuperação dos solos degradados por sais e do valor bruto da produção.....	40
3.6	Responsabilidade do poluidor-pagador na recomposição das áreas degradadas por sais para reversão do passivo ambiental.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	Análise dos problemas de salinidade na visão dos agricultores irrigantes.....	46
4.2	Percentual de solos degradados por sais.....	48
4.3	A degradação por sais e seus efeitos na produção das culturas.....	52
4.4	Análise comparativa do custo relativo à amortização anual da recuperação dos solos degradados por sais e do valor bruto da produção no perímetro irrigado....	54
4.5	Responsabilidade objetiva do poluidor-pagador.....	56
5	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DO PASSIVO AMBIENTAL DO PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, PENTECOSTE, CEARÁ, BRASIL 2012.....	70
	APÊNDICE B – MÉDIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MEDIDA EM	

CADA SUBÁREA, UTILIZANDO-SE UM SENSOR, POR IRRIGANTE E POR NÚCLEO AGRÍCOLA, COM DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS COMPOSTAS POR ÁREAS E SUBÁREAS, MARÇO/2013.....	72
APÊNDICE C – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA DEFINIÇÃO DE VALORES PARA A DRENAGEM SUPERFICIAL E DETERMINAÇÃO DA DOSE DE GESSO AGRÍCOLA PARA CORRIGIR SODICIDADE DO SOLO..	77
APÊNDICE D – CORREÇÃO DA $CE_{1:1}$ PARA CE_{es}, UTILIZANDO-SE UM FATOR DE CORREÇÃO, OBTIDO NO CÁLCULO DA POROSIDADE TOTAL DO SOLO, COM BASE NA DENSIDADE GLOBAL E DENSIDADE DAS PARTÍCULAS, NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, CEARÁ, 2014.....	78

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos solos por sais tem-se configurado como um subproduto da irrigação que provoca a redução da produtividade e o abandono de terras agrícolas. A legislação ambiental atualmente obriga à pessoa natural ou jurídica a reparação de qualquer dano causado ao meio ambiente. É de responsabilidade do poder público, para os perímetros irrigados sob sua jurisdição, a recuperação desse passivo ambiental gerado.

Os passivos ambientais normalmente são contingências formadas em longo período, sendo despercebido, às vezes, pela administração, e que sua identificação envolve conhecimentos específicos.

Para a contabilidade, o passivo é qualquer obrigação da empresa para com terceiros que deve ser reconhecida, mesmo se não houver cobrança formal ou legal. Assim, passivo ambiental pode ser definido como qualquer obrigação da empresa relativa aos danos ambientais causados por ela, uma vez que a empresa é a responsável pelas consequências desses danos na sociedade e no meio ambiente (KRAEMER, 2003).

O passivo ambiental corresponde ao valor referente aos custos com a recuperação e tratamento de áreas contaminadas, resíduos, multas e outros custos advindos da não observância da legislação ambiental e de cuidados com o meio ambiente.

A degradação dos solos no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste é decorrente do tipo de solo, da qualidade da água de irrigação, da drenagem do excesso de água de irrigação e do tipo de irrigação praticada. Originalmente, esses solos têm uma concentração elevada de sais, dada sua formação (Neossolos Flúvicos). O nordeste brasileiro, conforme Rodrigues e Viana (1997) é a área do país fortemente vulnerável a incidência da degradação ambiental, um meio frágil, com amplas áreas tropicais e semiáridas, exposto a forte pressão demográfica.

Estudos conduzidos pelo Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo da região semiárida do Brasil (Gpeas - Semiárido), em uma série histórica de 10 anos, demonstram que a qualidade da água do Açude General Sampaio oscila entre $0,76 \text{ dS m}^{-1}$ no final do período chuvoso e $0,83 \text{ dS m}^{-1}$ no final do ano, classificando a água como C_3S_1 , com alto perigo de salinização.

A drenagem do excesso de água da irrigação é deficiente ou inexistente, devido à falta de manutenção do coletor principal, inexistência dos coletores secundários e de canais de drenagem no nível parcelar. A irrigação é por superfície, com intervalo de rega de oito dias, sem nenhum controle de medição do volume de água para as culturas.

Esse trabalho apresenta uma metodologia para reintegrar os solos degradados por sais ao processo produtivo, mediante proposição de investimentos na recuperação do passivo ambiental.

A pesquisa compõe-se das seguintes hipóteses:

1 - O manejo da irrigação praticado pelos agricultores irrigantes proporciona um ambiente para a degradação dos solos por sais, o que certamente virá a comprometer as gerações futuras;

2 - O percentual relativo ao passivo ambiental de solos degradados por sais é bem superior ao valor de referência, para áreas irrigadas, preconizado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2006).

3 - A redução nos níveis de produtividade nas áreas degradadas por sais com o cultivo do coqueiro, comparativamente a níveis de produtividades obtidas nas condições de solos não degradados por sais, presume-se da ordem de 50%;

4 - O custo anual para fins de reversão do passivo ambiental no perímetro irrigado comparativamente ao valor líquido da produção anual sinaliza para a inviabilidade financeira da reparação desse dano pelos agricultores irrigantes;

5 - A responsabilidade pela reversão do passivo ambiental gerado por danos ao meio-ambiente no perímetro irrigado, tanto na área de uso comum quanto na individual, é do poder público;

O objetivo geral é quantificar a extensão, o custo da reversão e a responsabilidade legal pelo passivo ambiental, gerado em decorrência da irrigação.

Como objetivos específicos:

a) aplicar instrumento de coleta de dados que proporcione informações relativas ao manejo da irrigação praticado pelos agricultores irrigantes e sua percepção da dimensão do problema de salinidade;

b) quantificar o percentual de áreas degradadas por sais por meio de análises de solo em laboratório;

c) coletar dados primários e secundários de produtividade do cultivo do coqueiro;

d) quantificar o custo anual da recuperação dos solos degradados por sais e o valor bruto da produção anual no perímetro irrigado;

e) fundamentar o embasamento legal que trate de responsabilidades por danos ambientais no âmbito de todo o perímetro irrigado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro é a região natural inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - Sudene, conforme redação dada pela Lei Complementar n. 125 (BRASIL, 2007). De acordo com essa Lei, o Nordeste brasileiro e a jurisdição da Sudene compreende os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além das partes dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A delimitação do semiárido proposto pela Sudene levou em conta o critério exclusivo da precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, incluindo os municípios localizados nessa região.

Estudos do Ministério da Integração Nacional constataram que o critério de inclusão de municípios na região semiárida, levando em consideração apenas o índice pluviométrico, era insuficiente. Além disso, havia pleito de inclusão de municípios do Nordeste, que estavam fora da região semiárida, com interesse de se beneficiar com o tratamento diferenciado das políticas de crédito e benefícios fiscais, conferido ao semiárido brasileiro. A falta de chuvas não é a principal responsável pela oferta insuficiente de água na região Nordeste. Tem-se que levar em conta a distribuição associada a uma alta taxa de evapotranspiração (BRASIL, 2005).

Assim, o Ministério da Integração Nacional convocou ministérios e instituições envolvidas nas diferentes questões relativas ao semiárido brasileiro, constituiu um grupo de trabalho para fazer nova delimitação do espaço geográfico dessa área (BRASIL, 2005). Para definir essa nova delimitação do semiárido brasileiro, o grupo de trabalho tomou por base os seguintes parâmetros: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; ii) o índice de aridez de Thornthwaite (1941) de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período de 1961 a 1990; e iii) risco de seca, no período de 1970 a 1990, em que o balanço hídrico apresentou um déficit hídrico maior que 60%. Assim, passa a integrar a região semiárida do nordeste, o município que atender, pelo menos a um dos três critérios.

Com base nesses critérios, foram incluídos aos 1.031 municípios já incorporados ao semiárido, outros 102 municípios, perfazendo um total de 1.133 municípios integrantes dessa região. Com essa inclusão, a área classificada oficialmente como semiárida brasileira aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km² (BRASIL, 2005).

2.2 Degradação do solo pela irrigação

A degradação do solo é um termo relacionado com a sua destruição, como, por exemplo, erosão, empobrecimento do solo, contaminação, culminando com um problema mais grave que é a desertificação. Essa degradação pode ser provocada por intempéries variadas, como fatores químicos resultantes na perda de nutrientes, acidificação e salinização, fatores físicos como perda de estrutura e diminuição de permeabilidade, fatores biológicos como diminuição de matéria orgânica entre outros agentes.

No mundo inteiro o desenvolvimento da agricultura irrigada tem revelado um cenário de degradação dos solos, especialmente nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas.

Na década de 1980, estimou-se que cerca de 10 milhões de hectares de terras irrigadas estavam sendo abandonados anualmente (WCED, 1987), embora a área total irrigada tenha continuado a aumentar. De acordo com estimativas da Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO, em 1995, entre 25 e 30 milhões dos 255 milhões de hectares de terras irrigadas no mundo, sofreram séria degradação devido à acumulação de sais. Mais de 80 milhões de hectares foram afetados por salinização e alagamento (FAO, 1995).

O uso da irrigação nas áreas áridas e semiáridas viabiliza a produção agrícola, com utilização intensiva dos recursos de solo e água. Entretanto, a gestão dos recursos naturais, qualidade do solo, da água e da terra, condiciona a um equilíbrio dos objetivos, muitas vezes conflituosos quanto à produção de alimentos e fibras em cenários de aumento da demanda (McCALLA, 1994). É necessário manter a demanda crescente da eficiência econômica e a qualidade do meio ambiente. Isso implica em um problema de desenvolvimento da irrigação e definição de algumas restrições quanto ao uso racional para prevenção de possíveis danos ambientais.

A degradação dos solos por sais, em decorrência da irrigação, gerando passivos ambientais, segundo Oliveira e Carvalho (1998), faz com que a quantificação da evapotranspiração num sistema solo-planta-atmosfera seja primordial nos projetos de irrigação, determinando o sucesso econômico e ambiental. As regiões semiáridas, de acordo com Santos et al. (2010), têm elevada evapotranspiração, em torno de $2.000 \text{ mm ano}^{-1}$, e baixos índices pluviométricos. Os solos tendem a apresentar alta concentração de sais e baixo processo de lixiviação. Como a precipitação é bem inferior à evapotranspiração, o que predomina são os fluxos ascendentes de água no solo, com consequente aumento da concentração de sais na superfície.

Segundo Corrêa et al. (2009), solos do semiárido tendem a apresentar, naturalmente, acúmulo de sais que comprometem seu uso agrícola. O manejo inadequado da irrigação agrava os riscos à degradação de solos, principalmente pela salinização, gerando passivos ambientais. A irrigação tem que ser manejada de forma eficiente para que haja incremento na produção e produtividade, e os recursos hídricos usados racionalmente, em quantidade e necessidade das plantas. Beltrão e Azevedo (2008) afirmam que, em seus diferentes estados fenológicos, o conhecimento das necessidades hídricas das culturas é importante porque, associada aos demais fatores de produção, permite ao agricultor familiar incrementar a produtividade com máxima economia de água.

A determinação da quantidade de água necessária para as culturas é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação (MENDONÇA et al., 2003). No entanto, em áreas irrigadas, pelo intenso processo de solubilização de minerais, há acúmulo de íons, que quando precipitam, originam solos com acúmulo de sais, muitas vezes de reação alcalina, limitando sua fertilidade e a produtividade das culturas. Quando os fatores de produção, intrínsecos aos sistemas de produção irrigados, relacionados com o uso dos recursos solo e água, não são manejados racionalmente, podem conduzir a essas modificações, reduzindo o potencial produtivo (PEREIRA; SIQUEIRA, 1979. SANTOS et al., 1994).

Na última década, os organismos multilaterais e bilaterais financiadores de Programas de Desenvolvimento Rurais, têm sido considerados os responsáveis pelos impactos ambientais negativos causados ao meio ambiente (IICA, 1993; SILVA, 1997). Como desenvolvimento sustentável tem um conceito muito amplo, a equipe de pesquisadores do Laboratório de Diagnóstico e Gestão Ambiental (LDGA) da Embrapa Meio Ambiente, segundo Silva et al. (2004), tem envidado esforços, nos estudos de sustentabilidade ambiental de temas específicos, embasados no conceito de desenvolvimento sustentável. Neste sentido, ainda segundo Silva et al. (2004), a equipe considera como desenvolvimento sustentável o processo de transformação no qual a exploração dos recursos naturais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras.

A qualidade da água está relacionada com as suas características físicas, químicas e biológicas. O seu uso depende das necessidades a que se destina: consumo humano, animal, industrial, irrigação, lazer, entre outros. Especificamente, na avaliação da qualidade da água para irrigação, as características químicas e físicas são os requisitos mais importantes para

determinar o seu grau de aceitabilidade. Quanto às características microbiológicas, a utilização de efluentes de diversas origens na agricultura requer a adoção de tratamentos que garantam padrões de qualidade favoráveis para essa finalidade. O uso de forma indiscriminada desses efluentes pode ocasionar contaminações, via microrganismos, potencialmente prejudiciais ao solo, à planta e/ou ao ser humano.

É comum caracterizar a qualidade da água de irrigação pela salinidade. A salinidade pode ser expressa pelo total de concentração de sais ou de sólidos dissolvidos totais (SDT), cuja unidade é miligramas de sais dissolvidos por litro de água (mg L^{-1}). Assim, quanto maior for o SDT maior será a salinidade.

Os laboratórios de análises químicas expressam a qualidade da água pela condutividade elétrica (CE), considerando que os sais dissolvidos em água conduzem a eletricidade e, conseqüentemente, o teor de sal na água está diretamente relacionado com a CE. A unidade usual de CE é expressa em deciSiemens por metro (dS m^{-1}).

Podem ser feitas as conversões entre as unidades SDT e CE, usando-se como critérios os seguintes valores:

$$SDT (\text{mg L}^{-1}) = 640 \times CE (\text{dS m}^{-1}), \text{ quando CE for menor que } 5,0 \text{ dS m}^{-1}; \text{ e}$$

$$SDT (\text{mg L}^{-1}) = 800 \times CE (\text{dS m}^{-1}), \text{ se CE for igual ou maior que } 5,0 \text{ dS m}^{-1}.$$

Ou seja, ajustam-se os valores quando a quantidade de sais de sulfato aumenta, considerando que há variações para mais na condução da eletricidade da água (GRATTAN, 2002).

O uso da água na agricultura irrigada deve ser precedido de diretrizes técnicas, com procedimentos práticos que permitam interpretar a sua qualidade, segundo Guia proposto pela University of California Committee of Consultants (UCCC, 1974). Nesse Guia, os problemas potenciais para interpretar a qualidade da água para a irrigação são: i) a salinidade, em que os sais reduzem a disponibilidade da água para as culturas e afetam os rendimentos; ii) a infiltração, em que teores altos de Sódio ou baixo de Cálcio no solo reduzem a velocidade com que a água de irrigação se infiltra no solo. O efeito relativo do Sódio da água de irrigação tende a elevar a percentagem de Sódio trocável; iii) a toxicidade de íons específicos, em que sua acumulação nas plantas causa danos e reduzem os rendimentos das culturas sensíveis; e iv) outros problemas, como excesso de nutrientes presentes na água de irrigação reduzem os rendimentos das culturas e a qualidade dos produtos.

A avaliação da qualidade da água pode ser considerada como uma das medidas preventivas do processo de salinização dos solos. Nessa avaliação, os aspectos considerados básicos para o uso dessa água na irrigação são: salinidade (C), sodicidade (S) e toxicidade (T).

A Tabela 1 apresenta a classificação da água com relação ao risco de salinidade, em que C₁ são as águas de baixa salinidade, podendo ser usada na irrigação para a maioria das culturas; C₂, águas com salinidade média e que podem ser usadas sempre na irrigação e quando houver uma lixiviação moderada de sais; C₃, não devem ser usadas em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, utilizar somente em culturas de alta tolerância aos sais, utilizando-se métodos de irrigação localizada e com critérios de manejo; e C₄, águas altamente salinas, não apropriadas para irrigação, salvo em condições especiais de manejo de solo, água e planta. Essa classificação foi estabelecida, segundo as proposições da University of California Committee of Consultants – UCCC (MELO et al., 2007). Para esses mesmos riscos, Ayers e Westcot (1999) estabeleceram limites diferenciados para as classes de salinidade, tendo em vista que $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ é o limite para as restrições severas quanto ao uso pelas plantas.

Sodicidade refere-se ao acúmulo de íons de Sódio que estão presentes na água de irrigação e que podem elevar a percentagem de Sódio trocável no solo (PST). O risco da sodicidade é devido à elevada proporção da concentração de Sódio em relação ao Cálcio mais o Magnésio e isso acarreta problemas na estruturação do solo, dificultando o processo de infiltração da água, devido à obstrução dos macroporos.

Valores altos da PST, em condições de baixa salinidade, causam a dispersão de partículas com redução na condutividade hidráulica do solo (HOLANDA; AMORIM, 1992). A Razão de Adsorção de Sódio (RAS) na água de irrigação é o parâmetro de melhor correlação com a PST do solo.

Tabela 1 – Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade

Classe de salinidade	UCCC		Ayers e Westcot	
	Faixa de CEa (dS m ⁻¹)	Risco de salinidade	Faixa de CEa (dS m ⁻¹)	Problemas de salinidade
C ₁	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhuma
C ₂	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C ₃	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C ₄	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Adaptado da University of California Committee of Consultants (UCCC, 1974) e de Ayers e Westcot (1999).

A RAS corrigida (RAS^o) pode ser utilizada para prever melhor os problemas de infiltração causados por concentrações relativamente altas de Sódio ou baixa de Cálcio nas águas de irrigação (SUAREZ, 1981; RHOADES, 1982). A RAS^o pode ser calculada da mesma maneira que a RAS, corrigindo o teor de Cálcio (Ca^o) na água de irrigação, pelo teor de HCO₃/Ca, mediante a seguinte expressão:

$$RAS^o = Na / [(Ca^o + Mg) /]^{1/2}$$

Em que:

Na: teor de Sódio na água de irrigação em mEq L⁻¹;

Ca^o: teor corrigido de Cálcio na água de irrigação em mEq L⁻¹;

Mg : teor de Magnésio na água de irrigação em mEq L⁻¹.

A classificação das águas de irrigação, com respeito à RAS, tem por base o efeito do Sódio trocável nas condições físicas do solo. A recomendação de Ayers e Westcot (1999), quanto ao perigo de Sódio, restringe-se a três classes de sodicidade, obtidas relacionando a RAS^o com a salinidade da água de irrigação, medida pela condutividade elétrica (Tabela 2).

Tabela 2 – Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água

RAS ^o (mmol _c L ⁻¹)	Classes de sodicidade		
	S ₁ Sem problemas	S ₂ Problemas crescentes CEa (dS m ⁻¹)	S ₃ Problemas severos
0 – 3	> 0,70	0,70 – 0,20	< 0,20
3 – 6	> 1,20	1,20 – 0,30	< 0,30
6 – 12	> 1,90	1,90 – 0,50	< 0,50
12 – 20	> 2,90	2,90 – 1,30	< 1,30
20 – 40	> 5,00	5,00 – 2,90	< 2,90

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcot (1999).

A toxicidade ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água. Certos cátions são absorvidos pela planta com a água do solo ou quando se molham durante a irrigação e são acumulados nas folhas, devido ao processo de transpiração. Dependendo da concentração dos cátions e da sensibilidade das plantas, podem provocar danos, reduzindo os rendimentos das plantas.

Os íons de cloreto, Sódio e Boro, quando presentes em concentrações elevadas na água, são os que representam maiores riscos de toxicidade. O tamanho do dano depende, além da concentração do íon, do tempo de exposição, da tolerância das plantas, do uso da água pelas culturas, do tipo de irrigação, entre outros (MAAS, 1985). Foram definidas três classes de risco quanto à toxidade das plantas, designadas de T₁, T₂ e T₃, os quais se acham definidos na Tabela 3 (AYERS; WESTCOT, 1999).

Tabela 3 – Concentração de íons em água e respectivos riscos de toxicidade às plantas

Íons	Classe de toxicidade da água		
	T ₁ Nenhum problema	T ₂ Problema moderado	T ₃ Problema severo
Sódio ou cloreto (mmol _c L ⁻¹)			
- irrigação por superfície	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
- irrigação por aspensão	< 3,0	>3,0	-
Boro (mg L ⁻¹)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcot (1999). Simbologia T₁, T₂ e T₃ inserida por Melo et al., 2007, para resumir as descrições da classe.

A água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, conforme fundamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei n. 9.433, de 9 de janeiro de 1997. A sua utilização deve assegurar à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997). De acordo com a Resolução n. 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, são adotadas as seguintes definições: i) águas doces – águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰ (equivale a 500 mg de sais dissolvidos totais em um litro de água); ii) águas salobras – águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ (equivale a entre 500 e 30.000 mg de sais dissolvidos totais em um litro de água); e iii) águas salinas – águas com salinidade igual ou superior a 30‰ (equivale a 30.000 mg ou mais de sais dissolvidos totais em um litro de água) (BRASIL, 2005).

Fazendo uma correlação entre as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, proposta pelo Conama (2005), e as diretrizes para interpretar a qualidade da água para a agricultura, medida em condutividade elétrica (CEa), expressa em dS m^{-1} , proposta pela University of California Committee of Consultants (UCCC, 1974), as águas doces são aquelas que têm salinidade igual ou menor que $0,78 \text{ dS m}^{-1}$, as águas salobras têm salinidade superior a $0,78 \text{ dS m}^{-1}$ e inferior a $37,50 \text{ dS m}^{-1}$, e as águas salinas têm salinidade igual ou superior a $37,50 \text{ dS m}^{-1}$.

A água doce pode ser usada para irrigação de quase todas as culturas. Quando o solo tem boa drenagem, as águas salobras podem ser usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais, desde que a concentração salina oscile entre 500 e 1.500 mg L^{-1} ($0,78$ a $2,34 \text{ dS m}^{-1}$). A água começa a ter restrições severa de uso para as plantas, quando a salinidade alcança valores de 2.000 mg L^{-1} ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) de sais dissolvidos totais e somente plantas altamente tolerantes poderão produzir rendimentos satisfatórios (AYERS; WESTCOT, 1999; CORDEIRO, 2001).

As águas utilizadas nos perímetros irrigados são provenientes de rios, açudes e poços rasos, que, com condições adequadas de manejo, não apresentam maiores problemas para a irrigação.

A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Cogerh – elaborou, em 2011, um inventário ambiental do açude General Sampaio, que alimenta com água de irrigação uma parte do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste. Na definição da qualidade da água para irrigação, foi feita uma análise da água, em janeiro de 2011, pelo Laboratório de

Águas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, campus de Maracanaú. Nessa data, o volume do açude era de 289.300.000m³, correspondente a 89,79% de sua capacidade de acumulação. A qualidade da água para irrigação foi definida segundo os critérios de classificação do USSL (RICHARDS, 1954). Os valores de condutividade elétrica da água e o cálculo da razão de adsorção por sódio corrigida classificou a água como C₂S₁, ou seja, com médio perigo de salinização e baixo perigo de sodicidade (COGERH, 2011).

Em trabalho realizado por Silveira (2014) para avaliar a capacidade de suporte de poços rasos, como fonte alternativa de uso da água para irrigação no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Curu, Ceará, a água foi classificada como C₃S₁ nos nove poços rasos analisados.

A utilização das referidas fontes de água na irrigação do perímetro, pode incorporar ao solo um total entre 7,0 e 30 t ano⁻¹ de sais dissolvidos, levando esse solo à salinização.

É importante que haja um controle criterioso da água utilizada na irrigação, principalmente quando a condutividade elétrica (CE) é baixa e a razão de adsorção do sódio (RAS) é mais elevada, o que pode favorecer a dispersão dos coloides (MACEDO; MENINO, 1998).

Em decorrência do inadequado balanço de sais, principalmente por falta de drenagem, observa-se uma gradativa salinização dos solos irrigados (CORDEIRO, 2001). Acresce-se a essa fato, a ascensão do lençol freático nas áreas dos perímetros irrigados, dada a elevada demanda da evapotranspiração, o que propicia um fluxo ascendente e uma maior concentração de sais na superfície do solo (BERNARDO et al., 2006). Isso é uma grande preocupação para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, em que as necessidades hídricas para as culturas recebem o aporte da irrigação. É um problema mundial, pois atinge a 25% da área cultivada, nessas regiões, e estima-se que cerca de 1.500.000 ha de terras são perdidas a cada ano devido ao acúmulo de sais (FAO, 2006).

Os sais do solo têm sua origem no intemperismo da rocha matriz, em que há liberação dos componentes químicos. Os sais liberados são transportados pela água, depositados em depressões e, pelo processo de evapotranspiração, acumulam-se na superfície do solo (PIZARRO, 1978). Mesmo sendo o intemperismo das rochas a fonte principal de todos os sais encontrados no solo, os problemas de salinidade estão associados com a água de irrigação e a presença do lençol freático, alto e não controlado, situado entre os dois primeiros metros do solo (RICHARDS, 1954).

A salinização consiste na concentração de sais solúveis de cloretos, sulfatos, bicarbonatos de Sódio, de Cálcio e de Magnésio, além de Potássio, Amônia e carbonatos, na solução do solo. Está relacionada com a drenagem, com o lençol freático, com a baixa permeabilidade do solo e com a evapotranspiração que favorece a ascensão capilar. Pode ser decorrente de um processo natural ou processo antrópico (RICHARDS, 1954; SOMMERFELDT, RAPP, 1978; FANNING, FENNING, 1989).

A salinização natural ou salinização primária pode ser desencadeada pela invasão da água salgada do mar, que deposita os sais nos terrenos litorâneos, formando os mangues e as várzeas ou apicuns. Também pode ocorrer acumulação de sais em áreas baixas, formadas por Neossolos Flúvico, Planossolos, Vertissolos, Gleissolos ou outros solos relacionados com planícies aluviais ou áreas deprimidas.

A salinização antrópica ocorre devido à deposição dos sais em solução contidos na água de irrigação ou pela elevação dos sais à superfície do solo, em razão da ascensão do lençol freático (CARVALHO, 1966; RIBEIRO et al., 2003; RIBEIRO et al., 2009).

Nas regiões úmidas, em que os solos são profundos e o relevo é ondulado, os sais são lixiviados até o lençol freático ou são eliminados pelas águas superficiais. Isso não ocorre nas regiões áridas e semiáridas, devido a pouca profundidade do solo, camadas impermeáveis em seu perfil e relevo relativamente plano.

Uma forma simples de expressar a salinidade de uma solução é a condutividade elétrica. Uma solução conduz a eletricidade tanto maior quanto maior for essa concentração. Por meio desse atributo é que se mede a salinidade do extrato de saturação do solo (CEes), estimando o total de sais solúveis na solução do solo (PIZARRO, 1976). O Sódio é acumulado em forma de sais solúveis fora das partículas de argila e, de acordo com United States Salinity Laboratory – USSL (RICHARDS, 1954), um solo é considerado salino quando a condutividade elétrica do extrato de saturação é maior que $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto, quando não é detectada a presença de sais solúveis no solo, esse não é considerado salino, porém o Sódio pode estar acumulado na superfície das partículas de argila, na forma de Sódio trocável. Esse desequilíbrio das cargas elétricas do solo faz com que haja trocas catiônicas com a solução do solo. O Sódio trocável é medido pela relação porcentual (PST) de sua capacidade de troca catiônica (CTC). Nesse caso, o processo de salinização deixa de existir e surge um novo processo chamado de sodificação, em que são formados os solos sódicos (BERTELLA et al., 2008).

A formação de solos sódicos é promovida pelo processo de solonização, que se constituem, por sua vez, nos subprocessos de sodificação e dessalinização. A sodificação

ocorre quando o Sódio passa da solução do solo para o complexo de troca, formando os solos salino-sódicos. Se as condições ambientais forem mantidas, com aporte de sais, evapotranspiração elevada e deficiência de drenagem, os solos permanecerão indefinidamente na condição de solos salino-sódicos. A dessalinização é a etapa seguinte desse processo de solonização, em que ocorre a lavagem dos sais solúveis, a salinidade é removida e o complexo de troca fica saturado por Sódio, resultando na formação de solos sódicos.

A sodificação torna-se importante quando o Sódio constitui a metade ou mais dos cátions solúveis da solução do solo (RICHARDS, 1954). Devido à evapotranspiração, o Cálcio e o Magnésio se precipitam, a solução do solo se concentra, ficando o Sódio como o cátion predominante na solução do solo e elevando assim a Percentagem de Sódio Trocável.

Se o processo de lixiviação dos sais solúveis continuar a ocorrer, o Sódio trocável é removido de todo o perfil do solo, resultando em perfis de solos não-salinos e não-sódicos, processo esse conhecido como solodização ou fase de degradação (RIBEIRO, 2003; 2009; 2010).

Os solos halomórficos são classificados em atributos diagnósticos de salinidade e sodicidade, sendo a salinidade medida em condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e a sodicidade em PST (EMBRAPA, 2006). De acordo com esses atributos diagnósticos, o solo tem caráter salino quando $4,0 \leq \text{CEes} \leq 7,0 \text{ dS m}^{-1}$, tem caráter sálico quando $\text{CEes} \geq 7,0 \text{ dS m}^{-1}$, tem caráter solódico, $6\% < \text{PST} < 15\%$ e tem caráter sódico, $\text{PST} \geq 15\%$.

A classificação de solos da World Reference Base for Soil Resources – WRB, foi construída com o propósito de servir de correlação e comunicação internacional em solos. Segundo a FAO (2006), o sistema WRB considera a salinidade e a sodicidade na definição de dois horizontes diagnósticos principais: Salichorizon, com enriquecimento secundário de sais solúveis (CEes), e Natrichorizon, com alto conteúdo de argila (PST). Esse sistema de classificação permite uma boa correlação com a classificação brasileira.

Tomando como referência a classificação de solos do Sistema Brasileiro e da Americana, Pizarro (1976) mostra a influência da salinidade do solo no crescimento das plantas e da sodicidade em termos porcentuais de produção das plantas, conforme Tabelas 4 e 5, ampliando os atributos diagnósticos de salinidade e de sodicidade.

Tabela 4 – Influência da salinidade dos solos no crescimento das plantas

Categoria	CEes (dS m⁻¹)	Influência sobre as plantas
Solo normal	0 – 2	Salinidade imperceptível
Ligeiramente Salino	2 – 4	Plantas muito sensível podem ser afetadas
Medianamente Salino	4 – 8	Rendimentos de várias plantas podem ser afetados
Fortemente Salino	8 – 16	Somente plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
Extremamente Salino	> 16	Pouquíssimas plantas tolerantes desenvolvem-se satisfatoriamente

Fonte: Adaptado de Pizarro (1976)

Tabela 5 – Influência da sodicidade em relação à produção das plantas

Classe de sodicidade	PST	Produção das plantas (%)
Solo Normal	< 7	100 – 80
Ligeiramente Sódico	7 – 15	80 – 60
Medianamente Sódico	15 – 20	60 – 40
Fortemente Sódico	20 – 30	40 – 20
Extremamente Sódico	> 30	< 20

Fonte: Adaptado de Pizarro (1976)

A maioria dos solos salinizados no Brasil encontra-se no Nordeste, devido às condições climáticas da região. Christofidis (2001) estima que a área explorada com irrigação no nordeste brasileiro é de, aproximadamente, 663.672 ha, podendo-se chegar a 1.304.000 ha. A irrigação apresenta-se como uma das alternativas para o seu desenvolvimento socioeconômico. As condições climáticas são favoráveis à ocorrência de salinização dos solos, daí a necessidade da racionalidade no manejo da irrigação, para evitar problemas de excesso de sais nos solos e a degradação dos recursos hídricos e edáficos (MEDEIROS et al., 2008).

2.3 Viabilidade econômica da recuperação de solos degradados por sais

A degradação dos solos por sais constitui um fator importante no universo agrônomo, haja vista as restrições à exploração agrícola, especialmente em se tratando de regiões áridas e semiáridas, reduzindo sensivelmente a produtividade das culturas a níveis antieconômicos.

Além da redução na produtividade das culturas, os solos degradados por sais, segundo Melo et al. (2008), levam o agricultor irrigante, quase sempre, ao abandono de áreas agricultáveis, acarretando grandes prejuízos à economia regional.

O objetivo da recuperação de solos degradados por sais é a redução de seus teores a níveis que favoreçam ao desenvolvimento das culturas em condições de boa produtividade. Há diferentes técnicas empregadas na reabilitação dos solos salinos, salino-sódicos e sódicos. Entretanto, as técnicas mais difundidas são a lavagem do solo e a aplicação de corretivos químicos. Na lavagem do solo necessita-se de mão-de-obra especializada para definir os quantitativos da lâmina de lixiviação e do sistema de drenagem. A aplicação de corretivos é uma prática relativamente onerosa e morosa. Nesse sentido, há de se avaliar as condições técnicas e econômicas dos irrigantes, para que se possa definir a viabilidade da recuperação dessas áreas.

Patrício (2008), fazendo referência ao Programa Nacional de Combate à Desertificação, iniciativa do governo brasileiro para efetivar as determinações da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (ONU, 1998), alerta sobre as áreas no Brasil suscetíveis ao fenômeno. Essas áreas susceptíveis à desertificação são, principalmente, aquelas localizadas na Região Nordeste, onde se encontram espaços climaticamente caracterizados como semiáridos e subúmidos secos.

Costa et al. (2005), em trabalho realizado no Vale do Curu, Ceará, em uma área contígua ao Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, fizeram uma análise de viabilidade econômica na recuperação de um solo sódico. A análise dos indicadores de rentabilidade da relação benefício/custo, valor presente líquido e taxa interna de retorno evidenciou uma viabilidade econômica para um período de retorno dos investimentos (“payback”) de oito anos.

Trabalho semelhante foi realizado por Araújo et al. (2011), os quais concluíram que o processo de recuperação de um solo sódico, no referido perímetro irrigado, apresentou viabilidade econômica a uma taxa de juros de 12% ao ano para um período de retorno dos investimentos (“payback”) de nove anos. Nessa análise econômica, os autores levaram em

consideração todos os custos envolvidos, tanto do investimento inicial, quanto da operação e da manutenção, assim como as receitas geradas durante determinado período de tempo. Ainda segundo os autores, dessa forma é produzido um fluxo de caixa financeiro relativo à atividade, permitindo o cálculo dos indicadores econômicos obtidos com o empreendimento.

Sousa (2012) relaciona três técnicas de análise de viabilidade econômica para analisar projetos agrícolas. A primeira é a relação Benefício/Custo (B/C) que é definida, conforme Hoffman (1992), como o quociente entre o valor presente das receitas (benefícios) a serem obtidos e o valor presente dos custos (inclusive os investimentos). A segunda é o Valor Presente Líquido (VPL) que, de acordo com Souza et al. (2003), o projeto será aceito se positivo e rejeitado, se negativo. A terceira é a Taxa Interna de Retorno (TIR) que representa segundo Ferreira (2005), a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial de um determinado projeto.

2.4 Passivo, ativo e auditorias ambientais

A Contabilidade é uma ciência que estuda e controla o patrimônio de uma empresa, com o objetivo de fornecer informações para as tomadas de decisões. Ela assumiu, nos dias atuais, uma nova função: fornecer dados para a gestão e conservação do meio ambiente (ASSIS et al., 2010). Surge, então, a Contabilidade Ambiental, com a função de orientar a empresa nos registros dos gastos e investimentos com o meio ambiente. A contabilidade ambiental é um ramo de conhecimento recente que busca inserir a contabilidade dentro do âmbito da gestão de empresas preocupadas com a questão ambiental (PECCINI, 2012).

A relação da empresa com o meio ambiente mudou de cenário e a proteção ambiental faz parte de seus objetivos de negócio. Essa preocupação foi influenciada pelas mudanças sociais, políticas e econômicas. Nesse novo cenário, a contabilidade deve ajustar-se a essa nova realidade (SANCHES, 1997). A preocupação ecológica da sociedade tem afetado o ambiente empresarial. Com isso, tal preocupação ganha evidência por causa da sua relevância na relação da qualidade de vida das pessoas (SILVA, 2003).

Para Ferreira (2003), a contabilidade ambiental é definida como um conjunto de informações que relatam adequadamente, em termos econômicos, as ações de uma entidade que modifiquem seu patrimônio. Para Tinoco e Kraemer (2003), podem ser apontadas três perspectivas complementares associadas à adoção da contabilidade ambiental como um instrumento gerencial: gestão interna, como suporte para a gestão ambiental de forma a

reduzir custos e despesas operacionais, além de melhorar a qualidade dos produtos; exigências legais, maior controle sobre riscos ambientais para reduzir multas e indenizações; e demanda dos parceiros sociais, a sociedade pressionando por melhores práticas empresariais sobre a questão do meio ambiente.

Segundo Peccini (2012), a contabilidade ambiental surge como uma ferramenta gerencial relevante e imprescindível para a mensuração dos ônus decorrentes de impactos no meio ambiente, em razão das atividades econômicas, bem como para a avaliação de alternativas operacionais e tecnológicas voltadas para o desenvolvimento sustentável.

Na contabilidade, o passivo é formado pelas obrigações a pagar para com terceiros. O passivo ambiental é constituído pelas obrigações contraídas de forma voluntária ou involuntária, que envolveram a instituição com o meio ambiente e que acarretaram algum tipo de dano ambiental (PECCINI, 2012).

O passivo ambiental representa toda e qualquer obrigação de curto e longo prazo, destinados única e exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas à extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente (KRAMER, 2013).

Receitas são entradas para o ativo, sob a forma de bens ou direitos. Normalmente, a principal receita de uma empresa é representada pela venda de seus produtos ou serviços. No enfoque ambiental, conforme Kramer (2013), receita ambiental é todo o ganho de mercado que a empresa possa auferir a partir do momento em que a opinião pública reconhece sua política preservacionista e dá preferência aos seus produtos.

O passivo ambiental gerado pela irrigação é decorrente do processo de degradação dos solos por salinização, em função da má condução da irrigação, da água de irrigação de qualidade inferior e/ou da carência de drenagem. De acordo com o Comitê de Pronunciamentos Contábeis, que tem correlação com as normas internacionais de contabilidade, *The Conceptual Framework for Financial Reporting* (IASB – BV 2011 Blue Book), passivo é uma obrigação atual da entidade como resultado de eventos já ocorridos, cuja liquidação se espera que resulte na saída de recursos econômicos. Esse passivo necessita ser revertido em ativo ambiental para que a empresa rural faça a sua recuperação, reparação ou mitigação do dano ambiental provocado.

Por outro lado, ativo em contabilidade, refere-se aos bens e direitos que a empresa tem num determinado momento, resultante de suas transações ou eventos passados das quais futuros benefícios econômicos pode ser obtido. Ativos ambientais são os bens adquiridos pela companhia que têm como finalidade, controle, preservação e recuperação do meio ambiente (PECCINI, 2012).

Os benefícios advindos com os ativos ambientais podem ser representados pelo aumento da capacidade, da melhoria da eficiência ou da segurança, da redução ou prevenção da contaminação ambiental que deveria ocorrer como resultado de operações futuras ou, ainda, através da conservação do meio ambiente.

Conforme as normas internacionais da contabilidade, ativo é um recurso controlado pela entidade como resultado de eventos passados e do qual se espera que benefícios econômicos futuros fluam para a entidade. Ativo ambiental é um recurso ambiental, com respectiva aquisição de bens pertinentes pela entidade como resultado de eventos passados e do qual se espera que benefícios como preservação e recuperação de áreas degradadas fluam para a sociedade em geral.

Auditoria é o processo de confrontação entre um fato real e o critério que se materializa através de aplicação e procedimentos específicos, de forma independente, sobre determinado escopo auditorial, pautada em normas profissionais, objetivando expressar opiniões e comentários imparciais (ARAÚJO; ARRUDA, 2011).

Conforme tipificação proposta por Araújo (2003), auditoria contábil está restrita às demonstrações contábeis e outros assuntos financeiros. Auditoria operacional pode se restringir a uma área específica ou pode envolver os mais diversos setores, envolvendo, também, a gestão ambiental, que por sua vez, identifica os aspectos ambientais e os impactos de suas atividades, produtos e serviços. É um investimento, como forma de reduzir o custo das operações e aumentar a receita (HARRINGTON, 2001).

A auditoria ambiental objetiva verificar se as políticas, práticas e procedimentos adotados por uma entidade, programa ou ação, em qualquer nível, estão compatíveis com a legislação ambiental e outras normas relacionadas, contribuindo para evitar a degradação do meio ambiente. No contexto da gestão ambiental, a auditoria ambiental é parte integrante do processo gerencial, indispensável para que a administração, pública ou privada, cumpra seus objetivos, primando pela observação dos conceitos de conservação, preservação, defesa e melhoria do meio ambiente (ARAÚJO; ARRUDA, 2011).

Nos termos dos princípios gerais das diretrizes para auditoria ambiental, aprovados pela Organização Internacional de Normalização (ISO), por meio da Norma Brasileira (NBR) 14.010, é um processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências de auditorias para determinar se as atividades, eventos, sistemas de gestão e condições ambientais especificadas ou informações relacionadas a eles estão em conformidade com os critérios de auditoria (ABNT, 1996).

Atualmente, a NBR ISO 19.011 (ABNT, 2002) fornece orientação sobre a gestão de programas de auditoria, sobre a realização de auditorias internas ou externas de sistemas de gestão da qualidade e gestão ambiental, assim como sobre a competência e a avaliação de auditores. Essa norma substitui as NBR ISO 14.010, 14.011 e 14.012.

A auditoria ambiental examina a adequação das informações referentes aos ativos e passivos ambientais, que são objeto de estudo da contabilidade ambiental (ARAÚJO; ARRUDA, 2011). Normalmente, a auditoria ambiental é realizada por auditores internos ou pode ser por auditores externos, contratados exclusivamente para esse fim, para fazer uma verificação das políticas ambientais adotadas pela organização. Os resultados de uma auditoria ambiental devem alertar quanto ao efetivo impacto na qualidade do equilíbrio ambiental, fazendo recomendações nos termos da legislação ambiental vigente.

Além da auditoria ambiental, outro instrumento de controle ambiental, que pode ser usado alternativamente, é o monitoramento ambiental. Sua base consiste na fiscalização de empreendimentos quanto ao cumprimento da regulamentação ambiental a eles aplicável (SEIFFERT, 2011). O monitoramento da qualidade ambiental serve como indicativo do desempenho ambiental do empreendimento, constituindo o centro nervoso que pode definir a estratégia de fiscalização e controle de atividades poluidoras.

Segundo Ribeiro (2000), para que haja efetividade no monitoramento da qualidade ambiental é importante criar uma rede de monitoramento regular, com dados confiáveis, de modo a torná-los fonte de referência para orientar as prioridades de controle.

2.5 A nova Lei de Irrigação e sua preocupação com a prevenção da degradação ambiental

A Lei n. 12.787, de 11/01/2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, nasce num momento em que o mundo inteiro está voltado para as questões ambientais do planeta terra, especificamente no que tange a sustentabilidade dos recursos de solo e água, principalmente nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas.

A preocupação com o meio ambiente levou os legisladores a estabelecer como primeiro princípio da Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013) o uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação. Porém, ao definir o que é uma unidade parcelar em um perímetro irrigado, não induziu ao seu ocupante, pessoa física ou jurídica, que a prática da agricultura irrigada deveria estar condicionada aos processos de conservação do meio ambiente. Entretanto, no artigo 36, item II, da referida lei, firmou como

obrigação do agricultor irrigante, em um projeto público ou privado de irrigação, adotar práticas e técnicas de irrigação e drenagem que promovam a conservação dos recursos ambientais, em especial do solo e dos recursos hídricos.

Um dos objetivos da Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013) é incentivar a ampliação da área irrigada e aumento da produtividade. A abertura de novas fronteiras agrícolas irrigadas levará o Brasil a um elevado nível de competição mundial, porém, sem a preocupação com as áreas já degradadas, isso irá implicar no incremento de passivos ambientais gerados pela prática da irrigação.

O governo objetiva, com a irrigação, concorrer para o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e para a geração de emprego e renda. Esse objetivo leva em consideração o desenvolvimento econômico, porém não ficou atrelado o componente ambiental. O que se observa nos objetivos dessa nova lei é que não há referências sobre os passivos ambientais gerados nos Projetos Públicos de Irrigação já implantados nem aos futuros. A transformação desse passivo em ativo ambiental levaria a ampliação da área irrigada, cuja incorporação ao processo produtivo, demandaria uma menor abertura de novas fronteiras agrícolas.

Os planos e projetos de irrigação são os instrumentos, dentre outros, da Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013). Neles não estão evidenciados os cuidados sobre possíveis danos ao meio ambiente pelo uso do solo com a agricultura irrigada, assim como referências sobre a capacidade de uso dos solos e disponibilidade dos recursos hídricos. Os dois últimos itens são condições essenciais para se implantar um projeto de irrigação pela União.

Outro instrumento dessa política é a implantação de um sistema nacional de informações sobre irrigação. Dentre os itens destinados a coleta, processamento, armazenamento e recuperação de informações referentes à agricultura irrigada, não foram contempladas as áreas afetadas por sais e que geram um passivo ambiental (BRASIL, 2013). Um sistema desses contém aspectos técnicos, climáticos, edáficos, econômicos, sociais, cuja representação só se consegue fazer a custo de uma série de simplificações. E o objetivo é permitir a avaliação e a classificação dos projetos de irrigação para fins de emancipação, levando-se em conta os componentes econômicos e sociais (CALDEIRA, 2005). O componente ambiental deveria ter sido tratado com mais relevância ou, no mínimo, com equidade entre este e aqueles.

O governo federal sinaliza, através da nova lei de irrigação (BRASIL, 2013), que os projetos públicos e privados de irrigação podem receber incentivos fiscais, crédito rural e

seguro rural. A prioridade de atendimento é para os agricultores irrigantes familiares e pequenos. O crédito rural subsidiado beneficia os agricultores irrigantes familiares e pequenos por não terem condições para arcar com o custo adicional da recuperação de áreas degradadas por saís. A efetivação dessa política evitará o abandono de áreas irrigadas, já degradadas, e a consequente abertura de novas fronteiras agrícolas irrigadas.

2.6 Gestão ambiental sustentável dos Projetos Públicos de Irrigação: o econômico, o social e o sustentável

A expansão da capacidade produtiva dos perímetros públicos de irrigação foi induzindo a uma degradação ambiental, em função do manejo da irrigação, do uso inadequado da água de irrigação e da falta de drenagem do solo, sem levar em consideração a utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos. Esses últimos merecem um estudo a parte, pois envolvem grandes indústrias e que a investigação científica sobre suas degradações ambientais, deve ser procedida com certa cautela.

Os ecossistemas gerados pelo homem apresentam um nível elevadíssimo de entropia, uma consequência natural da sua baixa autonomia local ou não sustentabilidade. A entropia é discutida pela segunda Lei da Termodinâmica e estabelece que parte da energia que circula em um sistema tende a perder-se para o meio, não podendo ser utilizada para produzir trabalho ou biomassa (SEIFFERT, 2011).

A questão da sustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento indica duas forças que caminham em direções opostas: a lei da entropia aponta os limites materiais e energéticos, enquanto que o capital aponta para uma necessidade da expansão infinita. A entropia aponta para uma questão qualitativa enquanto o desenvolvimento do capitalismo é orientado e sancionado pelas regras quantitativas do mercado (DIAS, 2002). Surge, então, a necessidade de tratar o capital material diferentemente do capital natural. O capital material pode crescer e ser reproduzido, enquanto que o capital natural tende a decrescer e a impor restrições ao crescimento futuro.

Diante desse cenário, a percepção crítica de especialistas como Maurice Strong e Ignacy Sachs é que o ser humano deve repensar o modelo de crescimento econômico que vem sendo adotado desde a década de 1970. A exploração racional dos recursos naturais deve ser feita levando em consideração que haja garantia de sua sustentabilidade. E a educação ambiental deve ser considerada como um importante instrumento da gestão ambiental, para que se concretize essa visão de desenvolvimento sustentável. Daí a necessidade da

implantação de políticas públicas educacionais de modo a afetar os hábitos e costumes a que estão atrelados os nossos agricultores irrigantes (SEIFFERT, 2011).

Paralelamente à recuperação das áreas degradadas por sais, há recomendações da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1998) para que se trabalhe o fomento de capacidades, educação e sensibilização do público, em geral, sobre o perigo iminente da desertificação, a partir da salinização. Segundo a Convenção, o estabelecimento e/ou fortalecimento dos serviços de apoio e extensão com o intuito de difundir mais efetivamente os métodos tecnológicos e técnicas, pode levar a um processo de reversão da situação atual e local nos perímetros de irrigação.

Seguindo a tendência mundial de sustentabilidade ambiental do planeta terra e que ações sustentáveis têm que ser incorporadas e absorvidas culturalmente pela população, um dos caminhos indicados pelo Governo do Brasil foi à institucionalização da educação ambiental. A Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências (BRASIL, 1999), define em seu artigo primeiro que a educação ambiental é um ou vários processos, por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

A lei ainda estabelece diferença entre a educação ambiental formal, no ambiente escolar, e educação ambiental não-formal, fora do ambiente escolar. A primeira é aquela desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas, englobando a Educação Básica, a Educação Superior, a Educação Especial, a Educação Profissional e a Educação de Jovens e Adultos. A segunda corresponde às ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente (BRASIL, 1999, Arts. 9 e 13).

A educação ambiental não-formal é um componente essencial e permanente que não deve estar desvinculado das ações desenvolvidas na irrigação, principalmente nas áreas dos pequenos produtores irrigantes. Como processo educativo, a responsabilidade da educação ambiental não-formal, recai sobre as empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas, as quais devem promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores (BRASIL, 1999).

O Decreto n. 4.281, de 25 de junho de 2002, que regulamenta a Lei n. 9.795, de 27/04/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências,

cria um Órgão Gestor, responsável pela coordenação dessa política, e que será dirigido pelos Ministros de Estado do Meio Ambiente e da Educação (BRASIL, 2002).

No artigo 3, Itens de I a XI, são definidas as competências do Órgão Gestor em levantar, sistematizar e divulgar as fontes de financiamento disponíveis no país e no exterior para a realização de programas e projetos na área da educação ambiental. E isso é uma das alternativas para implantar-se uma educação não-formal aos irrigantes e seus familiares.

Com a implantação da educação ambiental, os irrigantes e seus familiares seriam instrumentalizados com toda a legislação ambiental brasileira, considerada uma das mais completas do mundo. As 17 leis ambientais mais importantes seriam a base de sustentação para a garantia da preservação do grande patrimônio ambiental do nosso país.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local da pesquisa

A pesquisa foi realizada em toda a área de abrangência do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – Dnocs, cuja implantação foi iniciada no ano de 1974, com conclusão em 1979. Abrange as áreas dos municípios de Pentecoste e de São Luís do Curu, ambos no Estado do Ceará. Está localizado entre as coordenadas geográficas 3° 40' 24'' a 3° 51' 18'' de latitude Sul e 39° 10' 19'' a 39° 18' 13'' de longitude a Oeste de Greenwich, distando, aproximadamente, 90 km da capital Fortaleza (DNOCS, 2013). O acesso ao Perímetro Irrigado é feito pela Rodovia Federal BR-222, e, em seguida, pela Rodovia CE-135, ambas pavimentadas.

O clima da região em que se localiza o Perímetro Irrigado, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h', quente e semiárido, com chuvas irregulares distribuídas de fevereiro a maio, com precipitação pluviométrica média anual de 860mm, evaporação de 1.475mm, temperatura média anual em torno de 26,8°C e umidade relativa média do ar de 73,7%.

De acordo com o levantamento de solos realizados pela Missão Israel (DNOCS, 1976), o material originário é constituído por sedimentos aluvionais ou colúvio-aluviais, de natureza variada, formando camadas estratificadas, sem relação genética entre si, e sobrepostas sem disposição preferencial de estrato. Os solos aluviões, atualmente denominados de Neossolos Flúvicos, encontram-se disseminados ao longo dos Rios Canindé, Caxitoré e Curu. Com relação à textura desses solos, a mesma é mais leve próxima do leito dos rios, tornando-se mais pesada à medida que se aproxima do cristalino. Os agricultores irrigantes são em número de 175, cada um ocupando uma área média de 5,05 ha, num total de 885,41 ha. Os agricultores irrigantes estão assentados em setores hidráulicos chamados de Núcleos.

À proporção que a construção de um setor hidráulico era concluída, estabelecia-se uma denominação por ordem alfabética. Atualmente, existem oito Núcleos que vão da letra A até o H e cada um tem um número determinado de agricultores irrigantes (DNOCS, 2013).

O suprimento de água de irrigação do Perímetro é feito pelo Açude Público General Sampaio, com capacidade de armazenamento de 322.200.000 m³ e pelo Açude Público Pereira de Miranda, com capacidade de 395.638.000 m³. No início do Perímetro Irrigado, à jusante do Açude Público General Sampaio, há uma barragem de derivação,

denominada Sebastião de Abreu, antigo Açude da Serrota, que serve para elevar o nível da água do Rio Curu para a cota 53,2 m e promover a derivação para os canais de irrigação P₁ e P₂. Esses canais têm vazões de 1,8 m³ s⁻¹ e 0,8 m³ s⁻¹, respectivamente, construídos na década de 1940 para atender a irrigantes particulares.

Posteriormente, houve a desapropriação dessas áreas, para construção do atual Perímetro Irrigado. Os canais P₁ e P₂ atendem aos Núcleos A, B, C, D, E e uma parte do Núcleo F, além da Fazenda Experimental Vale do Curu, pertencente à Universidade Federal do Ceará (DNOCS/IICA, 1990). A partir da tomada de água do Açude Pereira de Miranda foi construído o canal denominado P-1, com vazão de 4 m³ s⁻¹, para atender uma área bruta total irrigável de 426 ha, compreendendo parte do Núcleo F e os Núcleos G e H, além do abastecimento da cidade de Pentecoste e o Centro de Pesquisa em Aquicultura Rodolph von Hering (DNOCS/TAHAL, 1969).

A gestão do perímetro, após implantação e até meados do ano de 1991, era feita diretamente pelo Dnocs, como unidade orgânica de sua estrutura, com funções próprias para operação e manutenção das infraestruturas de uso comum, além do apoio à produção dos agricultores irrigantes, por atividades de assistência técnica e extensão rural. Todo esse serviço envolvia pessoal técnico e administrativo da instituição, máquinas, equipamentos e veículos próprios, além de recursos financeiros, cabendo aos agricultores irrigantes o pagamento da tarifa de água.

A partir de 1991 foi idealizada a operação e manutenção, com a participação dos irrigantes, por meio de sua organização – Cooperativa dos Irrigantes de Pentecoste Ltda. (CIPEL), extinguindo-se a gerência do perímetro, cabendo ao Dnocs à fiscalização e o assessoramento técnico da organização dos produtores. Como a cooperativa estava mais voltada para a produção agrícola, criou-se, em 2001, uma organização direcionada para as atividades de operação e manutenção, o Distrito de Irrigação – Associação dos Usuários do Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste (AUDIPECUPE).

3.2 Entrevista com os agricultores irrigantes do perímetro irrigado

Aplicou-se uma entrevista estruturada, em que se identificava o lote irrigado e as tendências na exploração da área pelo irrigante, tendo por base o ano de 2013. Foram relacionadas questões que envolvem a infraestrutura de uso comum, como os canais principais, secundários e coletores e, sobretudo o manejo da água de irrigação e da drenagem.

Utilizou-se como instrumento de coleta de informações um formulário (APÊNDICE A), constituído de uma lista formal de perguntas, previamente elaboradas e ordenadas (MICHEL, 2009).

O foco principal dessa entrevista era identificar se o irrigante encara o problema de salinidade como uma possibilidade de degradação do solo e até que ponto ele tem preocupação ao deixar esse legado às gerações futuras. Permitiria analisar o significado que eles dão aos problemas relacionados com a irrigação e com a degradação dos solos por sais. Serviria, também, para conhecer a realidade em que eles vivem, para compreender e interpretar as visões empíricas e dar significado às suas respostas.

A aplicação foi feita individualmente, com atuação do pesquisador visitando os núcleos agrícolas e habitacionais, sendo entrevistados 102 agricultores irrigantes, correspondente a 58,3% do total existente no Perímetro Irrigado. O não estabelecimento de um plano amostral para aplicação dos formulários deveu-se a pretensão em atingir um máximo de agricultores irrigantes.

O assentamento de agricultores irrigantes coincide com o início das obras (1974) e à proporção em que avançava a construção da infraestrutura, novos irrigantes eram assentados, até a conclusão total do perímetro (1979). Os assentamentos posteriores a essa data, ocorreram em razão da desistência, por razões diversas, de exploração por parte do ocupante do lote (DNOCS, 2013).

Na construção dos lotes irrigados, algumas áreas ficaram sem utilização, formando reservas técnicas ou áreas mortas ao longo dos lotes. Com o crescimento da família dos irrigantes, a população em torno do perímetro aumentou e essas áreas foram ocupadas por uma nova categoria de irrigantes, denominada de ‘novos usuários’ da irrigação, anteriormente chamados de ‘biqueiros’. Os novos usuários, em dezembro de 2014, são em número de 366, ocupando uma área de 357,09 ha que utilizam a água dos canais de irrigação e a cultura explorada é o coqueiro anão, predominantemente. Todos esses novos usuários estão cadastrados no Distrito de Irrigação e pagam pela tarifa correspondente à operação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum.

O excesso da água de irrigação do perímetro é drenado para o leito do Rio Curu e dos seus afluentes, Canindé e Caxitoré, que atravessam todo o perímetro irrigado.

Devido à escassez hídrica, alguns irrigantes utilizam a água de poços rasos, perfurados ao longo do rio Curu e seus afluentes. Doze agricultores irrigantes utilizam-se da água desses poços para fazer a irrigação em seus lotes, com alto perigo de salinização, classificação C₃S₁, conforme Silveira (2014).

3.3 Passivo ambiental gerado como subproduto da irrigação

As áreas irrigadas no Perímetro Irrigado são descontínuas, intercaladas por córregos ou embasamento rochoso, de modo que um lote agrícola possui uma, duas, três ou mais subáreas. Em cada uma dessas subáreas foram tomadas, aleatoriamente, sete medidas de condutividade elétrica com um sensor e coletados valores de coordenadas em UTM.

Embora Corwin e Lesch (2005) compreendam que a condutividade elétrica do solo medida através de sensor seja rápida e confiável e, portanto, frequentemente utilizada para a caracterização da salinidade, nessa pesquisa a correlação entre os valores obtidos pelo sensor e análises de laboratório foi baixíssima. Dessa forma, a utilização do sensor para medir a condutividade elétrica configurou-se como uma ferramenta de estratégia para delimitar o número de amostras de solo para análise em laboratório.

A variação espacial da salinidade, medida pelo sensor, pode ser visualizada no Apêndice B, em que são agregados todos os setores hidráulicos com os respectivos lotes, formados pelas subáreas 1, 2, 3, 4 ou 5. Esses valores representam a média de cada subárea, obtida pelas sete medições tomadas pelo sensor.

Na coleta das amostras de solo para fins de análise físico-química, a quantidade retirada por subárea foi estabelecida conforme valores de CE aparente medidos pelo sensor, tendo por referência o valor de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (RICHARDS, 1954). Retiraram-se amostras em todos os lotes irrigados, perfazendo um total de 189. Esse valor foi superior ao número de lotes irrigados, devido ao critério de separação das amostras com CE igual ou superior a $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Ou seja, no lote irrigado em que tinha uma subárea com um valor de referência inferior e outra com um valor superior, foram retiradas duas amostras. Coletaram-se amostras na profundidade de 0 – 0,30 m, de forma aleatória, em número de sete coletas para formar uma amostra composta por lote agrícola.

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos/Água do Departamento de Ciências do Solo, Centro de Ciências Agrárias da UFC, Campus do Pici, que mantém convênio com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme.

3.4 Produção agrícola nos solos degradados por sais

Nos anos de 2013 e 2014 executou-se um censo da produção agrícola do perímetro irrigado, com ênfase nas culturas da Bananeira e do Coqueiro, considerando que a economia local gira em torno dessas explorações. O recenseador inicialmente fazia uma visita

ao lote irrigado, sem a presença do agricultor irrigante, para anotar os dados referentes à área em que foi retirada a amostra de solo e identificar a existência de culturas exploradas nas condições de salinidade e sodicidade. Depois, o agricultor irrigante era questionado sobre os valores da produção agrícola, o número de plantas por área, espaçamento e frequência de colheita.

Os valores fornecidos pelo agricultor irrigante eram comparados com os padrões técnicos fornecidos por pesquisadores e empresas, para identificar possíveis divergências de informações. Concluído o trabalho de campo, fez-se a plotagem dos dados em escritório e elaborado relatório conclusivo.

Quanto aos dados secundários, a principal fonte foi uma síntese informativa elaborada pelo Dnocs, referente aos Perímetros Irrigados sob sua jurisdição, correspondente aos anos agrícolas de 2010 até 2013. Essa síntese é uma consolidação de informações fornecidas, mensalmente, por técnicos da instituição que residem nos perímetros.

As principais culturas são a bananeira Pacovan (*Musa spp* var. Pacovan), para consumo in natura e o coqueiro anão (*Cocos nucifera L.*, var. Nana), para comercialização do coco verde destinado a consumo in natura e a industrialização da água. Nos últimos quatro anos houve uma ampliação da área plantada de coqueiro e, conseqüentemente, diminuição da área plantada de bananeira, possivelmente devido ao avanço da degradação por sais.

3.5 Custo da recuperação dos solos degradados por sais e do valor bruto da produção

O passivo ambiental está caracterizado pelo dano ambiental causado nos lotes irrigados, devido a fatores diversos, dentre os quais a drenagem inadequada se configura como a principal causadora do acúmulo de sais na superfície do solo e no lençol freático.

Para medir a dimensão do dano ambiental nas áreas irrigadas, utilizaram-se como parâmetros os níveis de salinidade e de sodicidade nos solos, por meio de análises físico-químicas determinadas em laboratório de solo e água. Nos locais de coleta de amostra de solo foram tomadas medidas de área e de coordenadas UTM dos pontos de coleta.

Considerando que a reversão desse passivo ambiental passa inicialmente pela recuperação da infraestrutura de uso comum dos coletores de água de drenagem, na estimativa do custo da recuperação desta infraestrutura, utilizaram-se, inicialmente, de informações contidas em trabalho realizado pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico, antigo Centec, com vistas a este propósito.

A estimativa é de que os coletores secundários não estão funcionando e que necessitam de uma recuperação total, numa extensão de 44.340,00 m. O valor calculado da recuperação (APÊNDICE C) foi dividido pela área total do perímetro para se obter um valor referente por hectare, considerando que o Valor Bruto da Produção - VBP está relacionado com a área, em hectare, da produção agrícola.

A drenagem subterrânea é uma obra a ser executada nas unidades parcelares, de uso individual, caracterizada como lote agrícola. Na drenagem subterrânea consideraram-se drenos laterais DN65 espaçados de 20,0 m, instalados a 1,0 m de profundidade e tendo como envelope e filtro, brita nº1 e manta bidim OP-20, respectivamente.

Complementarmente à manutenção dos drenos coletores e da instalação da infraestrutura de drenagem subterrânea, adicionaram-se os custos relacionados à subsolagem do solo, necessária à ruptura da camada de impedimento em solos salino-sódicos e sódicos, e do gesso agrícola incorporado ao solo, para fins de substituição do Sódio pelo Cálcio no complexo de troca.

De posse dos valores das análises físico-químicas do solo, levantaram-se os valores de produção e de produtividade das principais culturas para comparação com os níveis de degradação do solo por sais. Todos os agricultores irrigantes foram visitados para coleta dos dados sobre sua produção obtida no decorrer do ano de 2013.

A síntese informativa dos perímetros irrigados do Dnocs, relativa ao ano agrícola de 2013, foi tomada como dado secundário para se ter o VBP do perímetro irrigado Curu Pentecoste.

3.6 Responsabilidade do poluidor-pagador na recomposição das áreas degradadas por sais para reversão do passivo ambiental

Para avaliar evidências de conformidades ou não-conformidades na geração de passivos ambientais, em decorrência da irrigação, é necessário definir um ponto inicial desse processo e que, a partir dele, começa a degradação dos solos, pela deposição de sais e consequente redução no desenvolvimento e produção vegetal. Essa análise crítica ambiental tem como finalidade avaliar o nível de atendimento às conformidades e desempenho ambiental no gerenciamento dos riscos que a atividade da irrigação pode provocar no solo.

Pressupõe-se que o ponto inicial do processo de geração de passivos ambientais, em decorrência da irrigação, ocorra quando as plantas comecem a sentir os efeitos dos solos degradados por sais, traduzidas na redução do desenvolvimento e, portanto, de sua

produtividade. Esse será o critério ou padrão de referência a ser utilizado para reversão dos passivos gerados (DE SIMONE; POPOFF, 1997).

Admite-se que o passivo ambiental começa a ser gerado quando a salinidade atinge a um valor de CEes igual ou superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e a sodicidade, para uma PST igual ou superior a 7%. A partir destes valores de referência, soluções técnicas têm que ser ultimadas para reverter o processo de degradação do solo.

A água de irrigação utilizada no perímetro possui uma significativa carga de sais em sua composição, com possibilidade de incremento da degradação do solo. Entretanto, não há como dispensar o seu uso, considerando que a fonte principal são os açudes existentes na região. Resta o uso de técnicas de drenagem, superficial e subterrânea, para minimizar a concentração de sais na zona radicular das culturas, além do uso de corretivos.

Utilizou-se como material para fundamentar a responsabilidade por danos ambientais, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/88), a Lei n. 6.938, de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei n. 9.605, de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e os contratos celebrados entre o Dnocs e os agricultores irrigantes para exploração da área.

A irrigação reveste-se de uma importância fundamental, porque permite o desenvolvimento de uma agricultura econômica, social, sustentável e, no âmbito do nordeste brasileiro, estratégica. O fator água, quando otimizado, possibilita, sem maiores riscos, melhor utilização dos fatores de produção. A eficiência de aplicação da água de irrigação reduz a quantidade de sal conduzida para a área irrigada, bem como o volume de água percolado e drenado.

Entretanto, o impacto causado pela irrigação, considerando seus efeitos sobre a alteração e modificação do meio ambiente, compreende, entre outros, a salinização do solo. A salinização nas áreas irrigadas tem se consolidado como um subproduto da irrigação. O meio ambiente é um bem, cujo direito está assegurado e definido no artigo 225 da CF/88, em que:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

...

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

...

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Uma Missão de Israel em 1976 concluiu um levantamento pedológico detalhado dos solos de aluvião do projeto Curu-Recuperação, atual Perímetro Irrigado Curu Pentecoste. Nesse trabalho houve a preocupação em fornecer sugestões e recomendações sobre as unidades parcelares (lotes agrícolas), as práticas por elas reclamadas, a aptidão para as culturas e seus inconvenientes. Na classificação de terras para irrigação, foram encontrados fatores limitantes como a salinidade, a alcalinidade (sodicidade) e a drenagem imperfeita. Recomendava-se a aplicação de gesso, lavagens dos solos e implantação de um bom sistema de drenagem, para possibilitar melhores rendimentos. Com relação à drenagem, o documento afirma que havia áreas com pequenas limitações e facilmente corrigíveis e outras com deficiências relativamente sérias, que requeriam o emprego de medidas de controle severo e dispendioso (DNOCS, 1976).

Em decorrência da ausência ou má funcionamento de uma macrodrenagem e do uso inadequado da irrigação, as unidades parcelares (os lotes irrigados) foram prejudicadas, ampliando-se a área degradada por sais. Os lotes irrigados são áreas de uso individual e os irrigantes estão assentados numa propriedade sob a tutela do Estado. A degradação do solo, em princípio, pode ser atribuída à gestão do perímetro sem o componente ambiental. Havia indicativos técnicos de que a degradação por sais poderia aumentar caso não fossem tomadas medidas preventivas para minimizar os efeitos da irrigação sobre o meio ambiente.

A preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental estão preconizadas pela Lei n. 6.938/1981:

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

...

II – degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

...

IV – poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

V – recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o **solo**, o **subsolo**, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (Redação dada pela Lei n. 7.804, de 1089). (Grifo nosso).

A lesão dos recursos ambientais foi devido à má condução da irrigação e drenagem, levando os solos dos lotes irrigados a uma degradação por sais. Essa conduta e atividade lesiva ao meio ambiente implicam em sanções penais e administrativas, mesmo tratando-se de uma pessoa jurídica (BRASIL, 1998). As recomendações da Missão de Israel, a execução da Política Nacional do Meio Ambiente e as legislações subsequentes não impediram a continuidade do dano ambiental.

No que se refere à infração administrativa, a Lei n. 9.605, de 1998, estabelece:

Art. 70. Considera-se infração administrativa ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, **proteção e recuperação do meio ambiente**. (Grifo nosso)

...

§ 3º. A autoridade ambiental que tiver conhecimento de infração ambiental é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob pena de corresponsabilidade.

Art. 72. As infrações administrativas são punidas com as seguintes sanções, observado o disposto no art. 6º.

...

II – multa simples;

...

§ 4º. A multa simples pode ser convertida em **serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente**. (Grifo nosso)

A aplicação da multa simples não impede a obrigatoriedade do poluidor-pagador de reparar os danos causados.

No ato do assentamento do agricultor irrigante, foi celebrado um contrato experimental entre este e o Dnocs, para habilitação a futura aquisição do lote agrícola e habitacional, mediante contrato de promessa de compra e venda. Dentre as cláusulas contratuais, constam como direitos do irrigante:

...

II - assistência técnica em todas as fases da produção até a comercialização final do produto (com ajuste de contas);

...

VI – a prioridade para aquisição de novo lote, quando a área do lote agrícola familiar descrito neste Instrumento, a juízo do Dnocs, não corresponder à viabilidade técnica, econômica e social prevista;

As obrigações do Dnocs para com os agricultores irrigantes que merecem destaque são: “I – assistir tecnicamente ao Irrigante, nas épocas próprias, e em todas as fases da produção, até a sua comercialização final; II – manter em perfeitas condições todo o sistema de operação do perímetro irrigado;”. No contrato de promessa de compra e venda há

uma repetição das cláusulas constantes no contrato experimental, com comprometimento de ambas as partes em obedecer ao que estava acordado.

No decorrer da pesquisa de campo, realizada no período de 2013-2014, identificaram-se áreas sem implantação de culturas e lotes sem a presença do irrigante, demonstrando, claramente, o abandono dessas áreas. Os solos dessas áreas vão de medianamente salino e ligeiramente sódico para fortemente salino e extremamente sódico, caracterizando-se como uma forte degradação por sais. Também foram identificadas áreas com implantação de culturas de baixo retorno econômico, opção adotada pelo irrigante para não abandonar totalmente o seu lote irrigado. Decorridos 38 anos do levantamento pedológico realizado pela Missão de Israel (DNOCS, 1976), a área degradada por sais atingiu a 251,00 ha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos problemas de salinidade na visão dos agricultores irrigantes

Observando a Tabela 6, constata-se que 77% dos agricultores irrigantes entrevistados no Perímetro Irrigado foram assentados nos lotes irrigados na década de 1970, representando um espaço temporal em torno de 40 anos trabalhando a terra com irrigação. A década de 1970 era caracterizada por um pensamento em que a água era um bem infinito e não se falava em degradação ambiental, principalmente entre pequenos agricultores.

TABELA 6 - Data de ingresso dos irrigantes que foram entrevistados no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, 2012.

PERÍODO	NÚMERO DE IRRIGANTES	PORCENTAGEM
1974 – 1979	79	77
1980 – 1989	13	13
1990 – 1999	5	5
2000 – 2009	5	5
SOMA	102	100

Fonte: Pesquisa de campo, 2012.

No decorrer da aplicação do formulário (APÊNDICE A) que continham perguntas previamente selecionadas, colheram-se, também, relatos verbais dos agricultores irrigantes que tiveram problemas de salinidade em seus lotes. Essas informações ganharam importância fundamental, dada à visão corrente na época do assentamento. Configurado o assentamento e se por acaso a área do lote não correspondesse à viabilidade técnica, econômica e social, o irrigante tinha assegurado o direito a aquisição de novo lote, deixando, nessas circunstâncias, abandonado aquele que estava salinizado, ‘degradado’. Antes da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecido como ECO-92 ou Rio-92, não era cogitada a possibilidade de recuperação de uma área degradada por sais. No decorrer da pesquisa de campo, foram identificadas subáreas abandonadas devidas, provavelmente, a problemas de degradação por sais.

Com a construção dos canais de irrigação P₁ e P₂, os agricultores que tinham terras em suas margens, começaram a praticar uma agricultura irrigada, de forma privada.

Como esses agricultores não faziam a manutenção desses canais, o governo, na década de 1970, resolveu fazer a recuperação de todas essas terras, formando o Perímetro Irrigado Curu-Recuperação que, posteriormente, passou a ser denominado de Curu Pentecoste.

Dos 102 agricultores irrigantes entrevistados, 25% informaram que foram assentados nos lotes já sabendo que havia problemas de salinidade. Com o decorrer do tempo, 60% dos que tinham problemas com salinidade, modificaram a exploração, implantando culturas que têm relativa tolerância à salinidade.

Quando o agricultor irrigante foi questionado se recebe orientação sobre a quantidade de água a ser aplicada em sua cultura, no Núcleo A apenas um afirmou receber orientação, porém, esse e os demais entrevistados desse núcleo não têm a menor ideia ou estimativa dessa quantidade. Nos demais Núcleos as respostas foram idênticas, não sabem a quantidade de água que deve ser aplicada em suas culturas. Apenas dois agricultores irrigantes do Núcleo B afirmaram que a cultura do coqueiro necessita de 40 litros de água por dia por planta.

Os problemas de salinidade estão associados, sobretudo, com a deficiência da drenagem do excesso da água de irrigação. Quando os agricultores irrigantes foram questionados sobre a situação dos canais de drenagem, 68% afirmaram que o canal principal de drenagem está em situação péssima ou ruim e 22% afirmaram que a situação está regular. Com relação aos canais de drenagem em nível de parcela irrigada, 55% afirmaram que a situação é péssima, ruim ou não existem canais de drenagem parcelar.

Nesse sentido, vale ressaltar que o órgão gestor da administração do perímetro é responsável pela operação e manutenção da drenagem dos coletores principais, constituídos pelos Rios Curu, Canindé e seus afluentes, e pelos coletores secundários. Quanto ao canal parcelar de drenagem deve ser operado e mantido pelo próprio agricultor irrigante, considerando que se trata de uma obra de infraestrutura individual.

Um exemplo marcante é que os canais de drenagem parcelar, cuja manutenção é de responsabilidade do ocupante do lote, estão danificados, obstruídos e, em alguns casos, já não existem mais.

Nas entrevistas com os agricultores irrigantes não foi detectada nenhuma preocupação com a reversão da degradação por sais em suas terras, continuam cultivando sem nenhum cuidado preservacionista com o solo, sem preocupação com as gerações futuras.

4.2 Percentual de solos degradados por sais

No Apêndice B estão contidas as médias dos valores de condutividade elétrica obtidas com o uso de um sensor de indução eletromagnético, que serviram como parâmetro para auxiliar a delimitação do número de amostras compostas de solo em cada subárea. O uso do sensor mostrou-se limitado para a leitura precisa dos dados, com grande variabilidade, considerando a extensão da área do perímetro, a granulometria do solo e a umidade, necessitando de constantes calibrações do aparelho. Os valores de CE obtidos através do sensor apresentaram baixas correlações com os valores de CE obtidos em laboratório.

A análise de solo no laboratório forneceu uma condutividade elétrica no extrato de 1:1 ($CE_{1:1}$) e a percentagem de Sódio extraído (troçável + solúvel). A salinidade do solo é medida pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), sendo necessário, portanto, a correção da $CE_{1:1}$. No Apêndice D estão os valores de densidade do solo e densidade de partículas, com os quais se obteve a porosidade total, assumida como a umidade de saturação à base de volume que permitiu a obtenção do fator de correção da $CE_{1:1}$ para a CE_{es} .

Tomando como referência a classificação de solos do Sistema Brasileiro e da Americana, Pizarro (1976) constituiu uma adaptação em que enquadrou, de forma mais detalhada, a influência da salinidade do solo no crescimento das plantas e da sodicidade em termos percentuais de produção das plantas, conforme Tabelas 4 e 5, ampliando os atributos diagnósticos de salinidade e de sodicidade. Pelos estudos sobre salinidade, desenvolvidos por Pizarro (1976) em perímetros irrigados do nordeste brasileiro, especialmente no Setor K do Perímetro Irrigado Morada Nova, Ceará, os pressupostos da geração de passivos ambientais, seguem os padrões estabelecidos de redução de rendimento e produção das culturas.

A análise dos dados da Tabela 7 demonstra que em torno de 1/3 da área total do perímetro irrigado não se registram problemas de solos degradados por sais, porém, em praticamente outro 1/3, os solos pertencem à classe “ligeiramente salino e ligeiramente sódico”, que, conforme Pizarro (1976), os rendimentos dos cultivos sensíveis à salinidade, em geral, são restringidos, podendo ainda os percentuais de queda nos rendimentos variar entre 20 e 40%, a depender dos níveis de sodicidade.

Verifica-se, ainda que, com exceção do Núcleo B, em aproximadamente 11% da área total, os solos estão inseridos em classes não salino e ligeiramente sódico, com um maior grau de comprometimento quanto à sua recuperação, sobretudo quanto aos custos associados a essa prática. Uma análise individual demonstra que os Núcleos D e E, são os únicos a apresentar solos classificados como “extremamente salino e muito fortemente sódico”,

coincidindo com os Núcleos Agrícolas que apresentam comparativamente, os níveis de lençol freático mais próximo à superfície, associados a problemas de falta de manutenção nos coletores, os quais passam a funcionar como fontes de recarga para as áreas. Esses dois Núcleos representam um pouco menos de 3% da área, correspondente a 13,0 ha e que se encontram totalmente fora do processo produtivo, constituindo-se um custo significativo para o agricultor familiar irrigante.

Tabela 7 – Áreas degradadas por sais, em hectare, de cada Núcleo Agrícola do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, conforme classificação de solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976)

CLASSES DE SALINIDADE	NÚCLEOS AGRÍCOLAS								TOTAL	
	A	B	C	D	E	F	G	H	ha	%
Solo Normal	18,70	18,00	15,80	14,05	10,50	14,40	29,78	34,25	155,48	32,73
Não salino e ligeiramente sódico	3,40		10,00	3,30	2,40	9,00	10,48	11,60	50,18	10,56
Não salino e medianamente sódico				1,73					1,73	0,36
Ligeiramente salino e não sódico	7,50	15,10	4,43	15,90	5,50	16,30	5,00		69,73	14,68
Ligeiramente salino e ligeiramente sódico	18,33	3,60	23,20	12,90	10,00	28,90	25,51	17,40	139,84	29,44
Ligeiramente salino e fortemente sódico						1,75			1,75	0,37
Medianamente salino e ligeiramente sódico		4,50	5,46	13,18		4,50	7,10		34,74	7,31
Medianamente salino e fortemente sódico			1,50						1,50	0,32
Fortemente salino e ligeiramente sódico	2,00					1,75			3,75	0,79
Fortemente salino e extremamente sódico							3,33		3,33	0,70
Extremamente salino e extremamente sódico				8,53	4,50				13,03	2,74

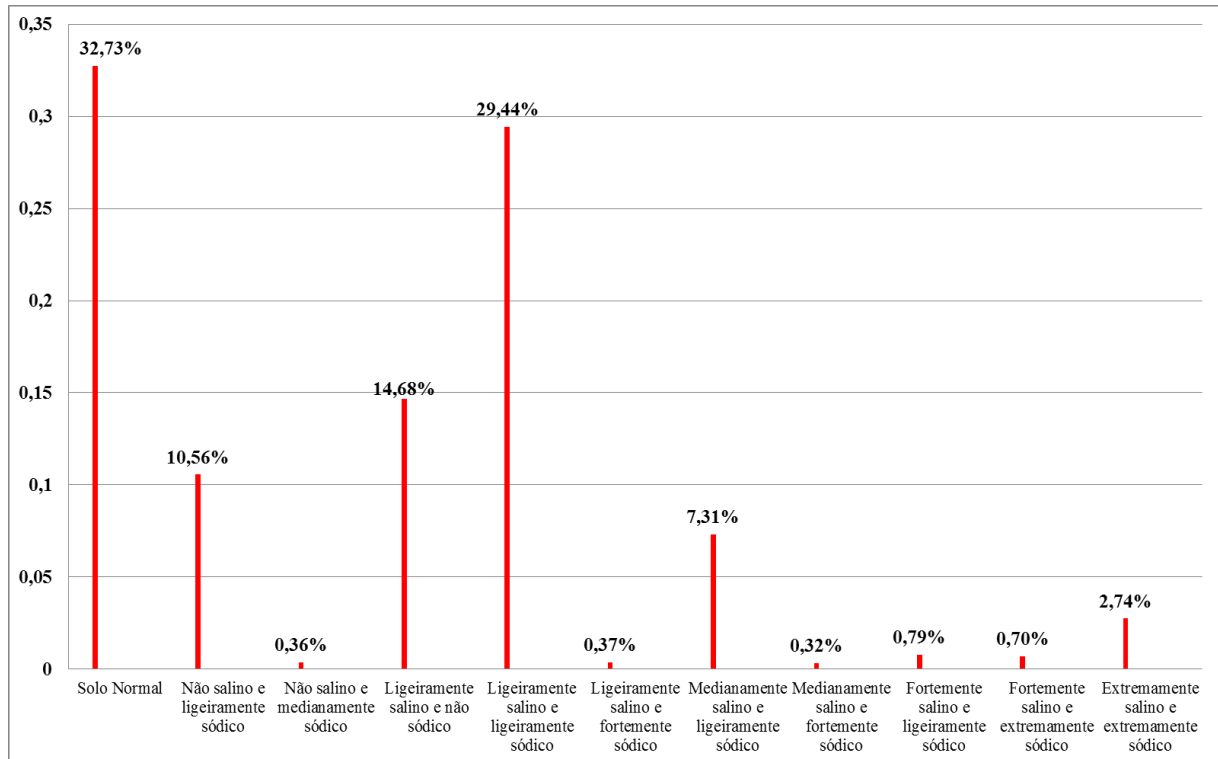
Fonte: Autor, 2014

Araújo (2011), em análise técnico-econômica da recuperação de um solo sódico no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, verificou o comportamento do lençol freático e demonstrou que o dreno coletor antes da limpeza não estava desempenhando a sua função de descarga de fluxo oriunda da área, mas sim funcionando como fonte de recarga, considerando o gradiente de potencial total da ordem de $0,018\text{m.m}^{-1}$, era crescente no sentido área-coletor.

De acordo com a Figura 1, os solos do perímetro estão degradados por sais em 67,27%, numa escala de detalhamento proposta por Pizarro, indo desde não salino e ligeiramente sódico até extremamente salino e extremamente sódico. Desse valor percentual de degradação por sais, há 14,68% em que a recuperação é menos onerosa e demanda pouco tempo de recuperação, considerando tratar-se de solos ligeiramente salino e não sódico. Isso

significa dizer que 52,59% dos solos degradados por sais necessitam de uma atenção especial quanto a sua recuperação, dada à concentração de Sódio em termos de PST.

Figura 1 – Valores percentuais dos solos degradados por sais do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, conforme classificação dos solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976).

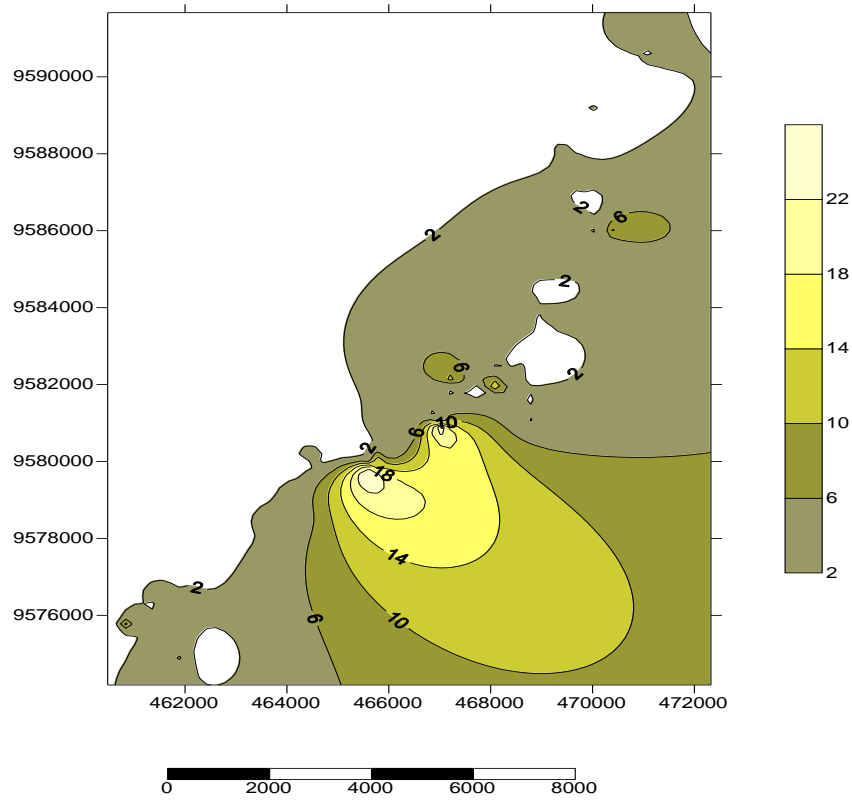


Fonte: Autor, 2014.

Nas Figuras 2 e 3 visualizam-se respectivamente, os mapas de isosalinidade e isosodicidade no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, os quais nos permite identificar que as áreas degradadas por sais se localizam quase que exclusivamente à margem direita do Rio Curu. No mapa de isosalinidade fica evidente que os Núcleos Agrícolas têm quase que a metade da área com solos normais e não salinos situados à margem esquerda do Rio Curu.

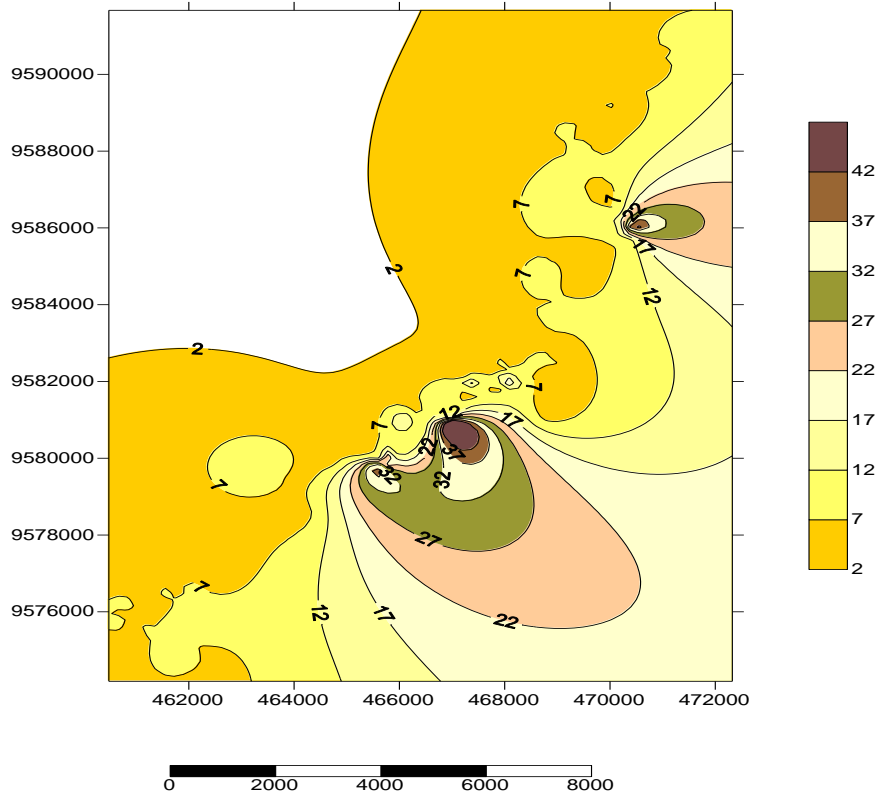
Evidentemente, o caráter sódico está presente em todas as áreas, como se pode observar no mapa de isosodicidade, coincidentes com as áreas salinas, com exceção de uma pequena área em que o solo é ligeiramente salino e não sódico. Isso pode dar indicativos de que os solos com problemas de Sódio possam ter sido oriundos de solos anteriormente salino-sódicos, que após o processo de lavagem natural se tornaram sódicos.

Figura 2 – Isolinhas de salinidade (dS m^{-1}) no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará



Fonte: Autor, 2015

Figura 3 – Isolinhas de sodicidade (PST) no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste



Fonte: Autor, 2015

4.3 A degradação por sais e seus efeitos na produção das culturas

O rendimento das culturas, em níveis aceitáveis, configurou em outro aspecto para recuperação das áreas degradadas por sais. A área estabelecida com o cultivo do coqueiro representou 74% da área total em que foram coletadas amostras de solo, sendo o restante praticamente estabelecido com a cultura da bananeira. Considerando a predominância do cultivo do coqueiro, correspondente a praticamente 3/4 da área total cultivada, optou-se por analisar exclusivamente os dados relativos às produtividades do coqueiro nos diversos níveis de solos degradados por sais.

Na Tabela 8 são apresentados os dados de produtividades médias do coqueiro, em frutos por planta e por ano, para todos os Núcleos Agrícolas do Perímetro Irrigado e todas as classes de solos degradados por sais, obtidos em coleta direta com os agricultores irrigantes.

Miranda et al. (2008), avaliando a produção de frutos do coqueiro anão, na região do Vale do Curu, Ceará, num período de sete anos consecutivos, observaram que a produtividade oscilou entre 218 a 261 frutos/planta/ano. A cultura foi implantada em uma área não degradada por sais, com uma CEes entre 0,21 e 0,28 dS/m e CTC variando entre 41,30 a 39,60 mmolc/dm³.

Isoladamente, alguns Núcleos Agrícolas (A, D, F e G), conforme Figura 4, apresentam valores de produtividade dentro da faixa de referência, provavelmente decorrente do maior nível tecnológico utilizado pelos agricultores irrigantes e o manejo mais adequado da cultura em todas as fases do sistema de produção.

Quando se estuda a tolerância das plantas quanto à salinidade, há um valor limite em que se iniciam os efeitos prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento. Esse valor limiar da salinidade depende de cada espécie vegetal e a taxa de decréscimo tem início a partir desse limite, quando é aumentada a salinidade.

Em experimento realizado por Marinho et al., (2001), em Campina Grande, PB, e em Parnamirim, RN, observou-se que a cultura do coqueiro teve crescimento relativo de 65,5%, em comparação com a testemunha, quando aplicada uma água de irrigação com CEa maior que 10 dS m⁻¹, considerada sem uso agrícola por Ayres e Westcot (1991). A cultura do coqueiro pode ser considerada tolerante a salinidade e concluíram que a produção de frutos do coqueiro não é afetada pela salinidade, entretanto, tiveram peso e volume de água menor, com elevação do grau Brix da água do coco.

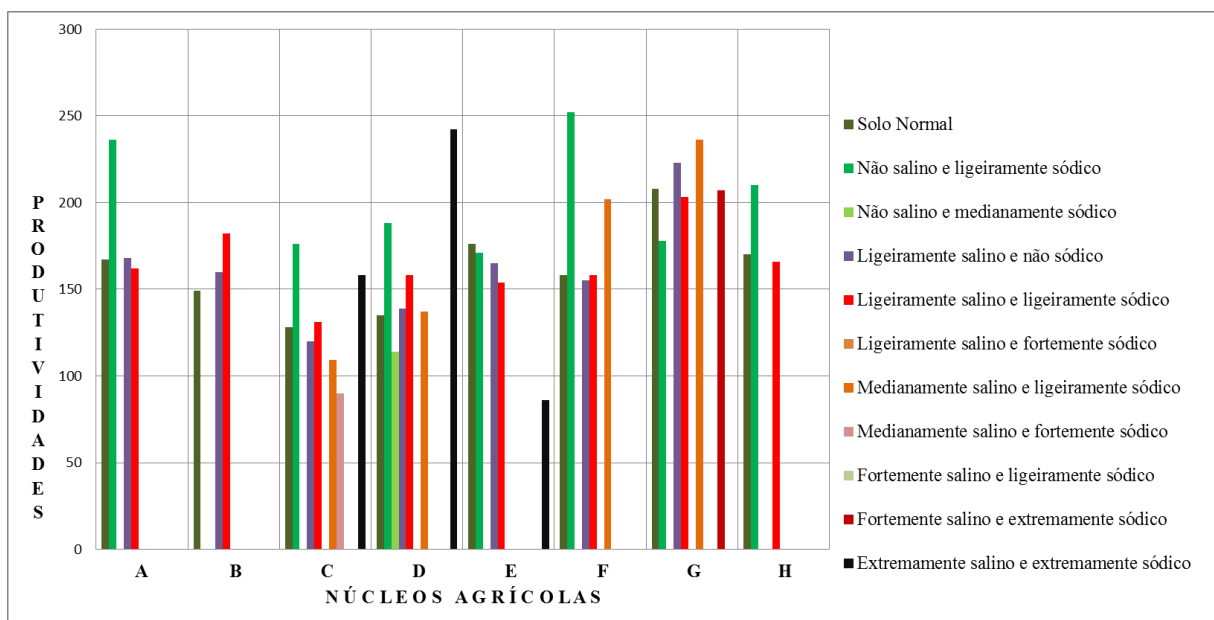
Tabela 8 – Produtividade média da cultura do coqueiro, referente ao ano de 2014, por Núcleo Agrícola, no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, conforme classificação de solos salinos e sódicos, adaptada por Pizarro (1976).

CLASSES DE SALINIDADE	PRODUTIVIDADE MÉDIA DOS NÚCLEOS AGRÍCOLAS ¹							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Solo Normal	167	149	128	135	176	158	208	170
Não salino e ligeiramente sódico	236		176	188	171	252	178	210
Não salino e medianamente sódico				114				
Ligeiramente salino e não sódico	168	160	120	139	165	155	223	
Ligeiramente salino e ligeiramente sódico	162	182	131	158	154	158	203	166
Ligeiramente salino e fortemente sódico								
Medianamente salino e ligeiramente sódico			109	137		202	236	
Medianamente salino e fortemente sódico			90					
Fortemente salino e ligeiramente sódico								
Fortemente salino e extremamente sódico							207	
Extremamente salino e extremamente sódico			158	242	86			
MÉDIAS TOTAIS	183	164	126	159	150	185	209	182

1 – Frutos/planta/ano

Fonte: Pesquisa de campo do Autor, 2015.

Figura 4 – Produtividade média total por Núcleo Agrícola, da cultura do coqueiro, referente ao ano de 2014, nos solos degradados por sais do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste.



Fonte: Autor, 2014

A degradação por sais não pode ser apontada como único indicador da baixa produtividade das culturas implantadas. Os resultados demonstram que outros fatores devem ser levados em consideração, como exemplo, o controle de pragas e doenças, o manejo

adequado da irrigação, o uso de fertilizantes e corretivos, tudo isso associado a uma constante e permanente assistência técnica.

Sabe-se que a degradação por sais pode provocar um desbalanceamento nutricional nas plantas. A acumulação de determinadas espécies iônicas, como o Sódio e o Cloro, podem acumular nos tecidos vegetais, acarretando mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento e desenvolvimento. Deficiências de Cálcio podem ser induzidas por excesso de Sódio ou de Sulfatos, deficiências de Potássio por excesso de Sódio ou de Cálcio, além de que altas concentrações de Magnésio podem inibir a absorção de Potássio ou de Cálcio (MARSCHNER, 1995).

4.4 Análise comparativa do custo relativo à amortização anual da recuperação dos solos degradados por sais e do valor bruto da produção no perímetro irrigado

O coletor principal é representado pelos Rios Curu e Canindé, sendo os coletores secundários constituídos pelos canais abertos que drenam a água das unidades parcelares (lotes irrigados) até ao coletor principal. Trata-se de uma infraestrutura de uso comum, cuja operação, conservação e manutenção, recaem sob a responsabilidade do Dnocs ou de seu representante legal, a Audipecupe. A Tabela 9 apresenta um resumo do custo para fins de recuperação dessa infraestrutura. Para obter um valor de referência por hectare, dividiu-se o custo total pela área total do perímetro, conforme especificação no Apêndice C.

Tabela 9 – Custo da recuperação dos coletores secundários do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará, 2014.

ITEM	SERVIÇO	UNID	QUANT	PREÇO (R\$) ⁽¹⁾	
				UNIT	TOTAL
1	Roço	m ²	168.492,00	0,02	3.369,84
2	Expurgo do material	m ³	88.680,00	20,83	1.847.204,40
3	Eventualidades (2%)	Vb	-	-	37.011,48
Total			-	-	1.887.585,72

(1) Conforme memória de cálculo.

Fonte: Autor, 2014.

Na Tabela 10 é apresentada a composição do custo de instalação de 1,0 ha de drenagem subterrânea, conforme as especificações contidas em material e métodos.

Tabela 10 – Composição do custo de instalação de 1,0 ha de drenagem subterrânea

Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Valor total
Tubos drenoflex DN 65	500	m	6,00	3.000,00
Manta bidim OP 20	125	m ²	4,00	500,00
Brita nº 1	20	m ³	75,00	1.500,00
Escavação das valas	10	h/m	120,00	1.200,00
Tubos 75 mm	5	Vara	12,00	60,00
Mão de obra	20	h/d	35,00	700,00
TOTAL				6.960,00

Fonte: Sousa, 2012.

O passivo ambiental relacionado à sodicidade nessa pesquisa teve como referência uma PST $\geq 7,0$. Para fins de recuperação desse passivo há a necessidade da recuperação de toda infraestrutura associada aos coletores e drenos superficiais, o que representa o valor de R\$ 2.131,88 por hectare. Porém, a instalação de drenagem subterrânea, aplicação de gesso e subsolagem, somente nas áreas cujos solos são classificados como medianamente sódicos (PST > 15) ou superiores, que representam 5% da área do perímetro e cujo valor é de R\$ 10.481,88 por hectare, cujo resumo é discriminado a seguir.

Resumo da recuperação de 1,0 ha do passivo ambiental, relativo ao perigo de sodicidade:

- 1 – Drenagem superficial: R\$ 2.131,88
- 2 – Drenagem subterrânea: R\$ 6.960,00
- 3 – Gesso agrícola: R\$ 1.150,00
- 4 – Subsolagem: R\$ 240,00
- 5 – Custo total: R\$ 10.481,88**

O Valor Bruto da Produção (VBP), segundo a síntese informativa dos perímetros irrigados do Dnocs, relativa ao ano agrícola de 2013, do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste foi de R\$ 11.652.190,00 para uma área irrigada cultivada de 709,10 ha (DNOCS, 2014). Em termos médios este VBP representou no ano de 2013, o valor de R\$ 16.432,00 por hectare, correspondente a um valor líquido de aproximadamente R\$ 9.859,20 por hectare.

O Distrito de Irrigação não tem renda própria e o seu orçamento depende do que arrecada, mensalmente, dos agricultores irrigantes. O custo anual do funcionamento do perímetro é definido em assembleia e não espelha a realidade da gestão do Distrito, uma vez que o VBP é baixo e um valor real poderia inviabilizar a administração da Audipecupe e do próprio perímetro irrigado.

4.5 Responsabilidade objetiva do poluidor-pagador

O solo é considerado um bem ambiental e, em um perímetro irrigado, essencial à qualidade de vida e sobrevivência do agricultor irrigante e de sua família. O dano ambiental que a degradação por sais provoca no solo, é uma lesão aos interesses dos agricultores irrigantes que estão sob a tutela do Estado. Trata-se de um dano ambiental coletivo, cuja tutela dos interesses lesados é transindividual, em que os titulares estão ligados por circunstância de fato (BRASIL, 1990).

O dano ambiental do perímetro irrigado Curu Pentecoste ocorreu nas unidades parcelares em toda extensão do perímetro, afetando não só aos agricultores irrigantes, oficialmente sob a tutela do Estado, mas, a população marginal, atingindo uma pluralidade difusa de vítimas. A responsabilidade objetiva do degradador pelo dano causado, independente da existência de culpa, tem respaldo no fundamento da teoria do risco integral. Pelo princípio da prevenção, o poder público, por omissão, não agiu com antecipação de modo a evitar a ocorrência do dano.

Caracterizando-se o Poder Público como o principal poluidor do solo pela implantação do perímetro, a ele deve incidir o princípio do poluidor-pagador, em que é obrigado a reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, em função da atividade da irrigação praticada. Também, deve incidir o princípio da reparação-integral, considerando que se tem o levantamento de toda área afetada e se conhece toda a extensão do dano (BRASIL, 1981).

A irrigação tem se consolidado no mundo inteiro, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, como uma atividade que usufrui grandes rendimentos na produção vegetal. Quem a pratica tem de suportar os riscos dos prejuízos causados pelo exercício e sua licitude não impede que o degradador seja compelido a reparar o dano causado, conforme a teoria do risco integral (VIANNA, 2004, p. 102).

O governo federal iniciou um processo de transferência de gestão da irrigação para uma associação dos usuários da água, denominada de Distrito de Irrigação, que

possibilitaria a transferência de responsabilidade e da autoridade sobre a gestão da irrigação. Presume-se, nesse caso, que essa transferência, de responsabilidade e autoridade, voltar-se-ia contra os causadores diretos do dano ambiental.

A premissa básica desse processo era de que o Distrito de Irrigação receberia o perímetro com uma moderna infraestrutura de uso comum, entendendo-se como isenta de qualquer dano ambiental produzido até a data da transferência. Na prática, no perímetro irrigado Curu Pentecoste, ocorreu à criação da Audipecupe (2001), como ponto inicial desse processo, os recursos financeiros alocados pelo Governo Federal para recuperação e modernização da infraestrutura não foram suficientes para atender a demanda da política instalada. E a transferência de gestão não foi concretizada.

A nova Lei de Irrigação, 12.787/2013, recepcionou as alterações constantes na antiga Lei, 6.662/1979, no que condiciona a exploração das unidades parcelares (lotes irrigados), por parte de agricultor irrigante, ao pagamento do rateio das despesas de administração, operação, conservação e manutenção da infraestrutura de uso comum e de apoio à produção (BRASIL, 2013). Atualmente, esses serviços são prestados pela Audipecupe, que apresenta anualmente ao Dnocs, um plano de operação e manutenção para toda infraestrutura de uso comum do perímetro. Nesse plano estão especificados os custos com pessoal, material e manutenção dos canais de irrigação, coletores, rede viária e obras d'arte. O custo é rateado entre os irrigantes que pagam um valor mensal para o funcionamento do perímetro.

Percebe-se que a prioridade da Audipecupe é a distribuição da água, fato esse comprovado com visita realizada ao Perímetro, no período de 3 a 4 de outubro de 2014, em que se observaram canais de irrigação revestidos com pedra rejuntada, um funcionamento precário da drenagem, com coletores obstruídos pelo assoreamento e por plantas halófitas. No coletor principal, tanto no Rio Curu quanto no Rio Canindé, observou-se retirada de areia para construção civil e materiais de empréstimo para aterro diverso, formando algumas lagoas no leito dos rios.

Os serviços propostos pela Audipecupe não serão suficientes para recompor o funcionamento satisfatório dos coletores, considerando o estágio de assoreamento em que encontram. Há necessidade de outros serviços para recuperação e regularização dos canais, além das capinas e desobstrução leve.

A legislação recomenda que o agricultor irrigante adote práticas e técnicas de irrigação e drenagem que promovam a conservação dos recursos ambientais, em especial do solo e dos recursos hídricos. Entretanto, essa legislação não previu que os agricultores

irrigantes, assentados na década de 1970, possuíam baixo grau de instrução ou escolaridade, em propriedade do poder público, cujo interesse era executar a política de irrigação do governo federal.

Relatórios da Missão de Israel (DNOCS, 1976) davam indicativos de que a omissão das recomendações para a prática da irrigação poderia acelerar o processo de degradação por sais, tendo em vista a existência de áreas salinizadas e outras em processo de salinização. Mesmo sabendo que a atividade era potencialmente causadora de significativa degradação ambiental, não utilizou medidas de controle severo capazes de minimizar os riscos advindos da exploração.

Os problemas de degradação do solo por sais foram se acumulando ao longo do tempo, em decorrência da irrigação praticada, da situação dos coletores principais, secundários e terciários, do solo, da água de irrigação e da ausência de um programa permanente de assistência técnica e extensão rural.

O sistema de drenagem secundária superficial, de uso comum, não funciona, ora devida a não existência, ora devido ao assoreamento. Sabe-se, entretanto, que a drenagem superficial não é suficiente para a recuperação de áreas degradadas por sais, principalmente quando há perigo de sodicidade. Há necessidade, também, de se proceder a uma drenagem subterrânea dentro das unidades parcelares, suplementada por subsolagem e adição de gesso.

A drenagem superficial, representada pelos coletores principais e secundários, é de total responsabilidade do Poder Público, devendo ser suportada por ele, considerando tratar-se de infraestrutura de irrigação de uso comum.

Quanto ao dano ambiental causado pelo empréstimo retirado dos leitos dos Rios Curu e Canindé, recomenda-se racionalização do uso do solo e do subsolo, considerando que esse fato gerador da degradação ambiental não afeta diretamente aos setores hidráulicos ora em estudo. Entretanto, o não escoamento dessas águas favorece a acumulação de sais no lençol freático, aumentando, conseqüentemente, a concentração de sais nos poços rasos que estão servindo de suporte complementar da irrigação em alguns setores hidráulicos.

Para reverter o passivo ambiental ora instalado, propõem-se alternativas ao poder público, a quem recai a responsabilidade objetiva pelo risco integral da atividade praticada com o seu consentimento.

O dano ambiental está caracterizado como coletivo, cuja tutela de interesses lesados tem caráter coletivo, a área degradada por sais atinge 12% para os solos salino-sódicos, segunda fase da salinização dos solos, e 41% para os solos sódicos, terceira fase da

salinização, com reversão mais onerosa e na iminência da desertificação, em que os solos atingem o estágio de irrecuperáveis.

A identificação e caracterização do solo, com relação à salinidade e a sodicidade, permite inferir que as áreas implantadas com irrigação não obedeceram a critérios técnicos quanto ao manejo de água e solo, especificamente no que tange a drenagem do excesso de água de irrigação. O manejo inadequado da irrigação caracteriza-se como lesiva ao meio ambiente e o Poder Público, que implantou o sistema de irrigação, ser responsabilizado direto pela atividade causadora da degradação ambiental, reparando o dano antes que atinja ao ponto da irreversibilidade.

Além da reparação do dano ambiental, a assistência técnica aos agricultores irrigantes é uma das medidas que deve ser aplicada para disciplinar as práticas de condutas lesivas ao meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa revelou que os agricultores irrigantes não têm conhecimento técnico suficiente, nem tampouco assistência técnica necessária para praticar um manejo adequado da irrigação, o que vem levando o solo a uma intensificação do processo de degradação por sais. Entendem que a salinidade é um fenômeno natural. Não há controle da lâmina de água aplicada nem tampouco drenagem satisfatória do excesso. Em decorrência da má gestão dos recursos hídricos, é iminente o comprometimento dos recursos de solos às gerações futuras.

As análises químicas realizadas em amostras coletadas nos 0,30 m iniciais do solo demonstraram que 67,27% dos solos do perímetro estão degradados por sais, conforme escala de detalhamento proposta por Pizarro (1976), portanto com percentual que supera ao indicado pela FAO (2006).

Em nível de Perímetro Irrigado, a hipótese de redução nos níveis de produtividade do coqueiro em áreas degradadas por sais não se configurou conforme se preconizava. Não foi possível estabelecer padrões comparativos nos níveis de produtividade entre solos considerados normais e degradados em razão da interferência de fatores não controlados associados aos diversos fatores inerentes à condução da cultura. Entretanto, a insegurança hídrica, em decorrência do aporte de água nos principais reservatórios que abastecem o perímetro, permite concluir que a cultura do coqueiro não pode ser suportada por agricultores irrigantes familiares, uma vez que a falta de água pode levar a um colapso e a recomposição demandar tempo para recuperação de seu ativo.

A hipossuficiência financeira dos agricultores irrigantes permite inferir não poderem assumir a responsabilidade pelo custo da reparação do passivo ambiental gerado pela degradação dos solos por sais. A consequência da atividade imposta pelo poder público aos agricultores irrigantes, em que resultou em um dano ambiental, deve ser absorvida pelo órgão responsável, em função do aspecto da solidariedade. A solidariedade é a responsabilidade que incide sobre todos aqueles que direta ou indiretamente causaram uma degradação ambiental, todos conjuntamente ou daquele que tiver a melhor condição econômica.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.; KHAN, S.; HUSSAIN, N.; HANJRA, M. A.; AKBAR, S. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. **Physics and Chemistry of the Earth** 55-57 (2013) 43-52.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Diretrizes para auditoria ambiental – princípios gerais**. NBR ISO 14010. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **Guia para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental**. NBR ISO 19011. Rio de Janeiro, 2002.
- AGUIAR NETTO, A. de O.; MACHADO, R.; VASCONCELOS, B. Diagnóstico do processo de salino-sodificação no Perímetro Irrigado Jabiberi - SE. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 448-459, 2006.
- ARAGÃO, W. M. Cultivares de coqueiros. In: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M.S.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/cultivares.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2014.
- ARAÚJO, A. P. B. de; COSTA, R. N. T.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R. Análise econômica do processo de recuperação de um solo sódico no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.377-382, 2011.
- ARAÚJO, I. P. S.; ARRUDA, D. G. Auditoria ambiental. In: PINHO, R. C. de S. (Org.). **Temas transversais em auditoria**. Fortaleza: Edições UFC, 2011. p. 91-124.
- ASSIS, P. R. P.; BRAZ, E. M. Q.; SANTOS, C. L. dos. Contabilidade ambiental. **Revista Ceciliana**, jun3 (1), p. 13-16, 2010.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. J.; MEDEIROS, J. F. de; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I). Título original: Water quality for agriculture.
- AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares da bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 28-33, 2008.
- BARBIERI, J. C. Competitividade internacional e normalização ambiental. In: **Anais**. Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 4. São Paulo: nov. 1997.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006, 625 p.

BERTELLA, F. ACORSI, M. Capacidade de troca catiônica. In: **XVI Encontro de Química da Região Sul** (16-SBQSul), 2008. Disponível em: www.pt.scribd.com/doc/46415490/Capacidade-de-Troca-Catiônica. Acesso em 23/07/2014.

BRASIL. **Lei n. 6.938**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1981.

_____. **Lei n. 7.827**. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1989.

_____. **Lei n. 8.078**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1990.

_____. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Congresso Nacional, 1997.

_____. **Lei n. 9.795**, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1999.

_____. **Lei n. 9.808**. Define diretrizes e incentivos fiscais para o desenvolvimento regional e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1999.

_____. **Decreto n. 4.281**, de 25 de junho de 2002. Regulamenta a Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2002.

_____. **Resolução n. 357**, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 2005.

_____. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Brasília: Congresso Nacional, 2005.

_____. **Lei Complementar n. 125**. Institui, na forma do art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE; estabelece sua composição, natureza jurídica, objetivos, áreas de atuação, instrumentos de ação; altera a Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, e a Medida Provisória nº 2.156, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei Complementar nº 66, de 12 de junho de 1991; e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2007.

_____. **Lei n. 12.787**. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, altera o art. 25 da Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, revoga as Leis n. 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21

de maio de 1993, e os Decretos-Lei n. 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2013.

CALDEIRA, C.P. **Introdução aos sistemas de gestão de informação**. 2. ed. Évora: Universidade de Évora, 2005

CARDON, G. E.; DAVIS, J. G.; BAUDER, T. A.; WASKOM, R. M. **Managing saline soils**. Colorado States University Extension, 2014, n. 0.503. Disponível em: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00503.html#top>. Acesso 21/11/2014.

CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M.; PALÁCIO, E. A. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 25, n. 3, 2003.

CARVALHO, L. G. O. **Gênese de solos halomórficos**. Rio de Janeiro: Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, Convênio MA/DPFS-USAID/BRASIL.1966.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. Survey protocols. *Computers and Electronics in Agriculture* 46 (2005) 103–133. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904001279>. Acesso em 25/11/2014.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação: conceitos básicos e práticos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. (Embrapa Semiárido. Documentos, 167)

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.305-314, 2009.

COSTA, R. N. T.; SAUNDERS, L. C.U.; OLIVEIRA JUNIOR, N. M.; BISERRA, J. V. Indicadores econômicos da recuperação de um solo sódico em condições de drenagem subterrânea no Vale do Curu, CE. **Irriga**, v. 10, n. 3, 2005.

CHRISTOFIDIS, D. **Olhares sobre a política de recursos hídricos no Brasil: o caso da bacia do São Francisco**. Brasília: UnB, 2001. Tese Doutorado.

DE SINOME, L. D.; POPOFF, F. **Eco-efficiency: the business link to sustainable development**. Massachusetts: MIT Press, 1997.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. São Paulo: Gaia, 2002.

DNOCS. **Projeto Curu-Recuperação**. Sistema General Sampaio. Missão de Israel. 2.DR/Ceará. Anexo I, R-798/76, 1976.

_____. **Perímetros Irrigados DNOCS**. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/curu_pentecoste.html. Acesso em 21/11/2013

_____. **Síntese das atividades desenvolvidas nos perímetros irrigados.** Fortaleza, Set./2011.

DNOCS/IICA. **Diagnóstico do Perímetro Irrigado Curu-Recuperação para a formulação do Plano de Recuperação e Modernização.** Fortaleza – CE, Julho 1990. 109 p.

DNOCS/TAHAL. **Bacia do Rio Curu (Estado do Ceará) sistema Pereira de Miranda:** projeto de adaptação do sistema de irrigação existente em Pereira de Miranda. v.1, relatório e apêndice 1. Fortaleza, 1969.

DUMANSKI, J; PETTAPIECE, W. W.; MCGREGOR, R. J. **Relevance of scale dependent approaches for integrating biophysical and socio-economic information and development of agroecological indicators.** Nutrient cycling in agroecosystems. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1998.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

_____. Embrapa Tabuleiros Costeiros Sistemas de Produção, IISSN 1678-197X Versão Eletrônica Nov/2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/cultivares.htm>. Acesso em 29/01/2015.

_____. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de produção, 10. Janeiro/2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaJuazeiro/coeficientestecnicos.htm>. Acesso em 03/02/2015.

FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. **Soil morphology, genesis and classification.** New York: John Wiley e Sons, 1989.

FAO. Planning for sustainable use of landre sources: towards a new approach. **FAO Land and Water Bulletin 2.**Rome: Food and Agriculture Organization, 1995.

_____. **Water in agriculture:** opportunity untapped. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

_____. **World reference base for soil resources 2006.**A framework for international classification, correlation and communication. Rome: IUSS/ISRIC/FAO, 2006.

_____. Extent and causes of salt-affected soils in participating countries. AGL: Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable use of Salt affected Soils.2007<<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/topic2.htm>>.

_____. **World Production.** 2011. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 29 jan. 2015.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. Efeitos dos sais sobre as plantas. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, p.125-131, 1997.

FERREIRA, J. A. S. **Finanças corporativas**: conceitos e aplicações. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2005.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T. S. de; Assis Jr, R. N.; Romero, R. E.; Silva, J. R. C. (org). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Viçosa: Folha de Viçosa/ SBCS. v. 1, p. 329-346, 2000.

GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, J.F.; CARMO, G. A.; PEREIRA, F. H. F.; GHEYI, H. R.; TAVARES, J. C. Produtividade de banana submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação: segundo ciclo. In.: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1. Campina Grande, PB, Mar. 2006.

GRATTAN, S. R. **Irrigation water salinity and crop reproduction**. ANR Publication 8066. University of California, 2002. Disponível em: vric.ucdavis.edu/pdf/Irrigation/IrrigationWaterSalinityandCropProduction.pdf. Acesso em 19/11/2014.

HARRINGTON, H. J. **A implementação da ISO 14000**: como atualizar o sistema de gestão ambiental com eficácia. Tradução de Fernanda Goês Barroso e Jerusa Gonçalves de Araújo. Rio de Janeiro: Atlas, 2001.

HOFFMANN, R. **Administração da empresa agrícola**. 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1992. 325 p.

IICA. **Desenvolvimento rural e impacto ambiental**. Brasília: IICA- Escritório no Brasil / Sociedade Alemã de Cooperação Técnica / Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 1993. 379 p. (IICA. Série Publicações Miscelâneas, A4/BR-002/93).

KRAEMER, M. E. P. **Passivo Ambiental**, 2003, disponível em <http://www.gestaoambiental.com.br/Kraemer.php>, acesso em 18/11/2013.

LEITE, M. E.; CAVALCANTE, F. L.; DINIZ, A. H. I.; SANTOS, V. R.; ALVES, S. G.; CAVALCANTE, L. H. I. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta a aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v.12, n.2, p.168-176, 2007.

MAAS, E.V. Crop tolerance to saline sprinkling water. **Plant and Soil**, n.89, p.273-284, 1985.

MACÊDO, L. S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA – PB, 1988. 11 p. (EMEPA. Comunicado Técnico, 38).

MACÊDO, L. S.; MENINO, I. B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do Projeto Vereda Grande – PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 47- 51, 1998.

MARINHO, F. J. L.; FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; VIANA, S. B. A. Uso de água salina na irrigação do coqueiro (*Cocus nucifera* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. pp. 359-364, 2005.

MARTINS, C. R. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010** / MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

McCALLA, A. F. **Agriculture and food needs to 2025: why we should be concerned**. Sir John Crawford Memorial Lecture, CGIAR, World Bank, Washington, D.C. 1994.

MEDEIROS, J. F. Salinização em áreas irrigadas: manejo e controle. In: FOLEGATI, M. V. et al. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, v.2, cap. 2, p. 201-240, 2001.

MEDEIROS, J. F.; SOUZA, C. C. Solo sódico tratado com gesso 100 agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.307-313, 2005.

MEDEIROS, S.S.; LOPES, R.M.B.P.; SANTOS, J.S. Estudo do assoreamento da bacia do riacho de Bodocongo, Campina Grande – PB. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 297-306, 2008.

MELO, J. G. de; MEDEIROS, A. B. de; VASCONCELOS, M. B.; CASTRO, V. L. de. Aspectos hidrogeoquímicos e classes de água do aquífero Cárstico Jandaíra para irrigação, Baraúna, RN. **Águas subterrâneas**, v. 21, n. 1, p. 9-21, 2007.

MELO, M. R.; BARROS, C. F. M.; SANTOS, M. P.; ROLIM, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p. 376-380, 2008.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MIRANDA, F. R.; LIMA, R. N.; FREITAS, J. A. D.; MAIA, A. H. N.; SANTANA, M. G. S. Comportamento reprodutivo e qualidade da água dos frutos do coqueiro-anão irrigado no Vale do Curu, Ceará. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 32, 28 p. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza: 2008.

OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB/SBEA, 1997. p. 1-37.

OLIVEIRA, M. A. A.; CARVALHO, D. F. Estimativa da evapotranspiração de referência e da demanda suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) em Seropédica e Campos, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.132-135, 1998.

ONU. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. **Programa de Ação Nacional**-Contributo da Região Alentejo, 1998.

PATRÍCIO, Edgard. Comunicação e educação do Mercosul: princípios e estratégias a partir das ações de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca nos países do bloco. In: **Revista da F7**, n. 6, v.2, Ago/Dez 2008, p. 27-42

PECCINI, A. **Contabilidade ambiental – conceito, aplicabilidade e campo de atuação**. Rio de Janeiro: Apostila, 2012.

PEREIRA, F. H. F.; ESPINULA NETO, D.; SOARES, D. C.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidos a condições salinas. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, 2005.

PEREIRA, J. R.; SIQUEIRA, F. B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 189-195, 1979.

PIZARRO, F. C. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Fortaleza: MINTER/SUDENE/DNOCS, 1976; Madrid: Agricola Española, 1978.

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. **Cartilha de Acesso ao PRONAF**. Saiba como obter crédito para a agricultura familiar. Brasília/DF, 2011.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, p. 9-19.

RIBEIRO, M. A. **Ecologizar: pensando o ambiente humano**. Belo Horizonte: Rona, 2000.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). **Química e mineralogia do solo**. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2009. p.449-484.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**, v.3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954.

RODRIGUES, M. I. V.; VIANA, M. O. L. Desertificação e construção de um coeficiente interdisciplinar para o estudo do Ceará. Anais do II Encontro Nacional da Sociedade Brasileira Economia Ecológica, p.66-95, 1997.

SILVEIRA, R. N. C. M. **Aquífero aluvionar como suporte à irrigação na bacia hidrográfica do Rio Curu**. Fortaleza, CE, 2014. Dissertação de Mestrado (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará.

- SOMMERFELDT, T. G.; RAPP, E. **Management of saline soils**. Ottawa: Canada, Department of Agriculture, 1978.
- SANCHES, C. S. Evolução das práticas ambientais em empresas industriais: um modelo genérico. In: **Anais**. Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 4. ed. São Paulo: nov. 1997.
- SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. **Interações salinidade-fertilidade do solo**. Fortaleza: INCTSal, 2010.
- SANTOS, Z. P. S.; SOUZA, M. C. M.; CARRIERI, A. P. Pesquisa em sistema de produção: uma revisão. **Agricultura em São Paulo**, v. 41, p. 127-139, 1994.
- SARTORI, M. A. **Análise de cenários de extração de óleo vegetal para a produção de biodiesel na região de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2007. 88p. Dissertação Mestrado.
- SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SILVA, B.A. **Contabilidade e meio ambiente**. Considerações teóricas e práticas sobre o controle dos gastos ambientais. São Paulo: Annablume, 2003.
- SILVA, E. F. F. **Avaliação da eficiência de diversos produtos na recuperação de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura de arroz (*Oryza sativa L.*)**. Campina Grande, PB, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal da Paraíba.
- SILVA, A. de S. **Impacto ambiental del uso de los recursos suelo y água en áreas agrícolas bajo riego: estudio aplicado a zonas áridas brasileñas y españolas**. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1997. 534 p. (Tesis – Doctoral)
- SILVA, A. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; HERMES, L. C.; FREIRE FILHO, J. J. P. **Irrigação e seus impactos na qualidade dos recursos hídricos e no solo**. Palestra proferida no Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura. Período 27 a 30 de setembro de 2004, Passo Fundo, RS. Disponível em: www.upf.br/coaju/index.php/downloads/artigos?download=724 Acesso em 19/11/2013.
- SOUSA, C. H. C. **Uso integrado de práticas de manejo visando o aproveitamento e a recuperação de um solo salino-sódico, em Pentecoste, Ceará**. Fortaleza, CE, 2012. Tese de Doutorado (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará.
- SOUZA, C. P. **Finanças corporativas**. Rio de Janeiro: FGV, 2003.
- SOUZA, L. C.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. Variabilidade especial da salinidade de um solo aluvial no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 1, p. 35-40, 2000.
- SUASSUNA, J.; AUDRY, P. Estatísticas de salinidade das águas de irrigação do Nordeste semiárido brasileiro. In: **Reunião anual da SBPC**, 45, 1993, (Recife). Anais. Recife: SBPC, 1993. p. 53-72.

STOCKLE, C.O. **Environmental impact of irrigation: A Review**.2007.
<<http://www.swwrc.wsu.edu/newsletter/fall2001/IrrImpact2.pdf>>. Acesso em 4/11/2013.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2004.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. **Guidelines for interpretation of water quality for agriculture**. Davis, University of California, 1974.

USSL STAFF – United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954.

VIANNA, C. S.M. Da privacidade como direito fundamental da pessoa humana. **Revista de Direito Privado**, São Paulo, v. 17, p. 102-115, 2004. Disponível em:
<<http://www.buscalegis.ufsc.br/revistas/files/anexos/5441-5433-1-PB.htm>> Acesso em 18 de março de 2015.

WCED. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

APÊNDICE A - LEVANTAMENTO DO PASSIVO AMBIENTAL DO PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, PENTECOSTE, CEARÁ, BRASIL, 2012.

Identificação do Lote Agrícola

Data de ingresso no perímetro irrigado:

Lote Agrícola n. Setor:

Área total do lote irrigado: ha;

Área total explorada com culturas: Permanente: ha; Temporárias: ha.

Culturas exploradas:

Motivos pelos quais não explora a área irrigada total.

Área irrigada não explorada devido à salinização: ha;

Você fez alguma mudança de exploração de cultura devido aos problemas de salinidade?

() Sim; () Não. Se sim, qual a cultura implantada? Coqueiro.

Quem orientou essa mudança?

A partir de que ano deixou de explorar essa área devido à salinização?

Área irrigada explorada somente com capim ou outras forrageiras devido ao sal: ha

Quando assumiu o lote irrigado, havia áreas com problemas de salinidade?

() Sim; () Não.

Em caso positivo, qual a área irrigada com problemas de salinidade na época em que assumiu o lote? ha.

O que você faz para diminuir os problemas de salinidade?

Situação dos canais de irrigação que atendem ao lote irrigado:

Canal Principal: () Boa; () Regular; (x) Ruim; () Péssima; () Não há canal principal.

Canal Parcelar: () Boa; () Regular; () Ruim; () Péssima; () Não há canal parcelar.

Situação do sistema de drenagem das águas de irrigação que atende ao lote irrigado:

Dreno Principal: () Boa; () Regular; () Ruim; () Péssima; () Não há dreno principal.

Dreno Parcelar: () Boa; () Regular; () Ruim; () Péssima; () Não há dreno parcelar.

Manejo da irrigação e drenagem

Recebe orientação sobre a quantidade de água que deve ser colocada para as suas culturas?

() Sim; () Não; Esclarecer:

Se não recebe orientações, você sabe a quantidade de água que deve ser distribuída para as suas culturas?

() Sim; () Não; Esclarecer:

Após a irrigação, em quanto tempo a água escoar de seu lote?

Quando não há água de irrigação nos canais, você utiliza outra fonte de água?

Sim Não.

Caso positivo, qual a origem desta fonte?

Rio Poço profundo Poço raso Dreno

Esclarecimentos adicionais:

APÊNDICE B – MÉDIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MEDIDA EM CADA SUBÁREA, UTILIZANDO-SE UM SENSOR, POR IRRIGANTE E POR NÚCLEO AGRÍCOLA, COM DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS COMPOSTAS POR ÁREAS E SUBÁREAS, MARÇO/2013.

IRRIGANTE	MÉDIA POR ÁREA DA C.E. (dS m ⁻¹)						QTDE. AMOSTRA COMPOSTA		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	P/LOTE	P/SUBÁREA	TOTAL
NÚCLEO A							15	0	15
Raimundo Paula dos Santos	1,13	1,21	1,08	1,39	-	-	1	0	
Prudêncio Soares de Paiva	0,92	1,07	1,14	1,08	-	-	1	0	
José de Alencar Pinto	1,08	2,23	1,27	1,17	-	-	1	0	
Manoel Gomes Bezerra	1,25	1,51	0,88	1,33	-	-	1	0	
Herta Fhária Lopes Barbosa	-	-	-	-	-	-	1	0	
José Acácio Pinho / Francisca (Viúva)	1,11	-	-	-	-	-	1	0	
Francisco Vicente da Silva	1,21	1,54	1,70	1,88	-	-	1	0	
Alan Wilker Bastos Gomes (Filho)	1,02	2,00	1,17	-	-	-	1	0	
Edilberto Ferreira Gomes	0,52	2,77	1,84	1,79	-	-	1	0	
Maria Expedita Pinheiro Mendes	1,46	1,38	1,39	-	-	-	1	0	
Ozenildo Amorim da Silva	1,23	1,37	1,03	1,18	-	-	1	0	
Francisco Sousa Cruz	1,44	1,70	1,40	-	-	-	1	0	
Jerônimo Gomes Bernardo	0,90	1,43	1,80	3,54	-	-	1	0	
Cecília Barbosa Soares (Viúva)	0,82	0,82	0,91	-	-	-	1	0	
José Nunes de Castro	-	-	-	-	-	-	1	0	
NÚCLEO B							14	0	14
João Barbosa da Silva	1,27	1,31	1,29	1,23	-	-	1	0	
José Cláudio M de Souza	1,26	1,24	1,19	-	-	-	1	0	
Manuel Nunes Castro (José Venâncio)	1,26	1,47	1,30	1,68	-	-	1	0	
Maria Vieira R de Souza	1,30	1,20	-	-	-	-	1	0	
José Xavier De Oliveira	1,28	1,23	1,16	1,26	-	-	1	0	
Geraldo Gomes de Oliveira	1,23	1,75	1,13	1,13	1,28	-	1	0	
André Furtado de Sousa	1,22	1,30	1,30	1,90	-	-	1	0	
Pedro Teixeira de Sousa	1,45	1,39	1,43	1,32	1,40	-	1	0	
Ademar Xavier de Oliveira	1,49	1,57	1,31	-	-	-	1	0	
Francisco Furtado de Oliveira	1,23	1,37	1,42	1,14	-	-	1	0	
Carlos Alberto Soares	1,18	1,29	1,30	1,34	-	-	1	0	
NÚCLEO C							14	0	14
Maria das Dores G. Ferreira	2,27	2,34	2,11	-	-	-	1	0	
Raimundo Madeiro A. Filho	2,21	1,83	-	-	-	-	1	0	
José Wellington Marciel	3,08	2,91	2,62	-	-	-	1	0	
José Joaquim de Freitas	1,63	1,89	-	-	-	-	1	0	
José Valdecir de Freitas	1,27	1,50	1,33	1,75	2,02	-	1	0	
Francisco Silva Almeida	2,67	-	-	-	-	-	1	0	

Egídio Pinto de Castro	-	-	-	-	-	-	-	1	0	
NÚCLEO F								23	1	24
Milena Teixeira de Almeida	1,56	1,87	1,71	-	-	-	-	1		
Manoel de Sousa Sampaio	2,03	2,81	1,77	-	-	-	-	1		
Raimundo Soares Modeiro	1,48	2,40	1,96	-	-	-	-	1		
Pedro Martins de Almeida	1,95	1,84	2,70	-	-	-	-	1		
Alberto Xavier de Abreu	1,64	1,29	2,13	-	-	-	-	1		
João Pereira Furtado	1,84	1,79	2,21	-	-	-	-	1		
Maria de Sousa Soares	1,59	1,39	4,03	-	-	-	-	1	1	
Miguel Gomes dos Santos	1,50	2,07	1,73	-	-	-	-	1		
Francisco de Assis Barbosa	2,77	2,15	1,91	1,74	-	-	-	1		
Aroldo Soares Albuquerque	1,66	2,76	1,65	3,43	-	-	-	1		
Francisca Soares Cunha	1,96	1,97	2,23	1,88	-	-	-	1		
Luís Gonzaga Amorim	1,95	2,68	2,22	-	-	-	-	1		
José Sinfrônio de Sousa Filho	3,04	2,56	1,62	-	-	-	-	1		
Celina Maria Acácio de Almeida	1,58	1,75	2,10	-	-	-	-	1		
José Maria Franco de Oliveira	1,88	1,94	1,49	-	-	-	-	1		
Ednando da Silva Cruz	2,09	2,17	1,81	-	-	-	-	1		
Raimundo Gonçalves de Lima	1,69	1,97	1,92	-	-	-	-	1		
Antonio Eduardo Gomes	2,00	1,88	2,62	1,92	-	-	-	1		
João Evangelista Barreto	2,14	2,82	-	-	-	-	-	1		
Francisco José Sousa Rosa	2,47	1,65	1,68	-	-	-	-	1		
Carlos André M. Moreira	-	-	-	-	-	-	-	1		
Cibele Marques Moreira	-	-	-	-	-	-	-	1		
Francisco Barbosa Cunha	-	-	-	-	-	-	-	1		
NÚCLEO G								25	3	28
Francisco Gonçalves de Lima	3,13	4,53	-	-	-	-	-	1	1	
Aluizio Ferreira da Silva	2,02	2,26	-	-	-	-	-	1		
Francisco Soares dos Santos	2,05	2,34	2,24	8,49	-	-	-	1	1	
Francisco Valber G. da Silva	2,31	2,10	1,80	1,92	-	-	-	1		
Sebastião de Sousa Almeida	2,02	2,00	2,44	1,72	2,09	2,27	-	1		
Vicente Barros Rodrigues	1,90	2,01	1,97	1,93	1,98	1,92	-	1		
Sebastião Monteiro de Sousa	1,77	2,73	2,75	3,12	-	-	-	1		
Luiz de Paiva Soares	5,79	3,49	1,85	-	-	-	-	1		
José Mendes de Sousa	1,87	2,62	3,27	-	-	-	-	1		
Caetano Soares dos Santos	1,96	2,56	2,22	-	-	-	-	1		
Raimundo Gomes da Cruz	2,06	2,39	1,86	2,01	2,72	-	-	1		
Bento Soares de Lima	2,06	2,54	1,83	-	-	-	-	1		
Joaquim F. do Nascimento	1,74	1,88	2,10	2,30	-	-	-	1		
José Wilton N. Pereira	2,56	3,02	3,48	2,54	-	-	-	1		
Valdimiro Quintela Bezerra	2,12	10,42	2,16	-	-	-	-	1	1	
Roldão de Oliveira Castro	2,18	1,99	2,18	-	-	-	-	1		

Ananias Soares de Paiva	-	-	-	-	-	-	1
Anita Ribeiro de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Domingos Gomes da Cruz	-	-	-	-	-	-	1
Jose Declair Forte Cordeiro	-	-	-	-	-	-	1
José Solon Guimarães	-	-	-	-	-	-	1
Luis Rodrigues de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Manoel da Silva Lúcio	-	-	-	-	-	-	1
Maria Ferreira Soares	-	-	-	-	-	-	1
Mario Rodrigues Moreira	-	-	-	-	-	-	1

NÚCLEO H

55

55

Ananias Alves dos Santos	1,84	2,16	2,61	-	-	-	1
Ant.Cristovam S. Albuquerque	-	-	-	-	-	-	1
Antônio Gomes Ferreira	-	-	-	-	-	-	1
Antônio Jorge S. Mendes	1,90	1,81	1,71	-	-	-	1
Antônio Luís de Sousa	2,04	1,61	2,16	1,59	-	-	1
Antônio Marcos de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Cláudio Rodrigues Viana	-	-	-	-	-	-	1
Elizena Maria de Sousa Moura	-	-	-	-	-	-	1
Eliomar Martins de Sena	2,05	2,18	1,73	1,86	-	-	1
Francisco Almir Machado	1,74	2,05	2,04	2,27	1,81	-	1
Francisco Alves de Oliveira	-	-	-	-	2,49	-	1
Francisco Bezerra Barbosa	-	-	-	-	-	-	1
Fco Carlos S. de Almeida	2,17	2,27	2,40	-	-	-	1
Francisco de Assis C. Barbosa	-	-	-	-	-	-	1
Francisco Galvão de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Francisco Pascoal de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Francisco Soares da Silva	-	-	-	-	-	-	1
Francisco Zizo Cruz	-	-	-	-	-	-	1
João Ferreira de Castro	-	-	-	-	-	-	1
João Pereira Felix	-	-	-	-	-	-	1
Francisco Sival da Silva	-	-	-	-	-	-	1
Antonio Moreira da Silva	-	-	-	-	-	-	1
Jorge Ferreira de Mesquita	1,88	2,17	1,55	2,46	-	-	1
José Alves de Sousa	2,19	1,72	1,56	-	-	-	1
José Batista da Silva	-	-	-	-	-	-	1
José Fernando de Sousa	-	-	-	-	-	-	1
José Milton Ferreira Luz	-	-	-	-	-	-	1
José Orlando Brandão	-	-	-	-	-	-	1
Paulo Roberto D. A. Filho	-	-	-	-	-	-	1
José Valdemar De Sousa	-	-	-	-	-	-	1
Júlio Feijó Neto	-	-	-	-	-	-	1
Luciano Ferreira Lima	1,77	1,90	2,68	2,35	-	-	1
Luiza Pessoa Cavalcante	-	-	-	-	-	-	1

**APÊNDICE C – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA DEFINIÇÃO DE VALORES
PARA A DRENAGEM SUPERFICIAL E DETERMINAÇÃO DA DOSE DE GESSO
AGRÍCOLA PARA CORRIGIR SODICIDADE DO SOLO**

1 - Dimensões do canal de drenagem:

$$b = 1,00\text{m}$$

$$B = 3,00\text{m}$$

$$h = 1,00\text{m}$$

$$\text{Talude} = 1,0 : 1,0$$

$$\text{Extensão (Ext)} = 44.340,00\text{m}$$

$$\text{Perímetro da seção (Ps)} = 3,80\text{m}$$

$$\text{Área da seção (As)} = 2,00\text{m}^2$$

$$\text{Área total do roço/capina: Ps x Ext} = 3,80\text{m} \times 44340,00\text{m} = 168.492,00\text{m}^2$$

$$\text{Volume total do expurgo: As x Ext} = 2,00\text{m}^2 \times 44340\text{m} = 88.680,00\text{m}^3$$

$$\text{Área total do perímetro irrigado: } 885,41\text{ha}$$

2 - Serviços:

$$\text{Roço/capina} = 3.000\text{m}^2/\text{homem dia}$$

$$\text{Escavação com expurgo do material de 1ª categoria} = 2,40\text{m}^3/\text{homem dia}$$

$$\text{Valor da diária de um trabalhador braçal} = \text{R\$ } 50,00$$

3 – Valor por hectare

$$\text{Valor total da drenagem superficial / área total do perímetro irrigado} = \text{R\$ } 1.887.585,72/885,41\text{ha} = \text{R\$ } 2.131,88 \text{ ha}^{-1}.$$

Fórmula para determinar a necessidade de gesso agrícola é a seguinte:

$$\text{NG} = ((\text{PSTi} - \text{PSTf}) \times \text{T} \times 86 \times \text{p} \times \text{d}) / 100 \text{ (kg/ha)}$$
 Onde:

NG – Necessidade de Gesso (kg ha^{-1})

PSTi – percentagem de sódio na análise do solo;

PSTf – percentagem de sódio que se deseja atingir para diminuir o teor de sódio no solo;

T – $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + (\text{H} + \text{Al})$;

86 – peso equivalente do gesso agrícola $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 40 + 32 + (16 \times 4) + 2 \times (1 \times 2 + 16) = 172$ que dividido pela valência 2 = 86

p – profundidade que se quer corrigir em cm;

d – densidade do solo (g cm^{-3})

Valor do Gesso (80% de pureza)/tonelada: R\$ 170,00/t, posto em Pentecoste, Ceará.

APÊNDICE D – CORREÇÃO DA $CE_{1:1}$ PARA CE_{es} , UTILIZANDO-SE UM FATOR DE CORREÇÃO, OBTIDO NO CÁLCULO DA POROSIDADE TOTAL DO SOLO, COM BASE NA DENSIDADE DO SOLO (DENSIDADE GLOBAL) E DENSIDADE DAS PARTÍCULAS, NO PERÍMETRO IRRIGADO CURU PENTECOSTE, CEARÁ, 2014

Núc	Amost	DensGlob	DensPart	CE (1:1)	Poros Tot	Fator Cor	CE (es)
A	141	1,37	2,65	1,25	48,30	2,07	2,59
A	148	1,38	2,70	1,03	48,89	2,05	2,11
A	144	1,37	2,76	1,12	50,36	1,99	2,22
A	142	1,42	2,68	1,27	47,01	2,13	2,70
A	143	1,34	2,59	0,60	48,26	2,07	1,24
A	145	1,38	2,62	3,33	47,33	2,11	7,04
A	146	1,37	2,73	1,43	49,82	2,01	2,87
A	147	1,36	2,69	0,87	49,44	2,02	1,76
A	158	1,21	2,66	1,02	54,51	1,83	1,87
A	159	1,21	2,74	0,48	55,84	1,79	0,86
A	164	1,18	2,67	7,84	55,81	1,79	14,05
A	160	1,30	2,67	1,16	51,31	1,95	2,26
A	161	1,38	2,71	0,68	49,08	2,04	1,39
A	162	1,36	2,72	0,77	50,00	2,00	1,54
A	163	1,34	2,72	1,02	50,74	1,97	2,01
A	165	1,43	2,65	1,59	46,04	2,17	3,45
A	166	1,46	2,66	1,16	45,11	2,22	2,57
A	167	1,23	2,63	1,32	53,23	1,88	2,48
A	168	1,29	2,65	0,84	51,32	1,95	1,64
B	169	1,24	2,62	1,07	52,67	1,90	2,03
B	170	1,25	2,61	1,02	52,11	1,92	1,96
B	171	1,35	2,61	1,43	48,28	2,07	2,96
B	172	1,28	2,65	0,94	51,70	1,93	1,82
B	173	1,25	2,61	1,95	52,11	1,92	3,74
B	174	1,21	2,62	0,91	53,82	1,86	1,69
B	175	1,20	2,67	1,16	55,06	1,82	2,11
B	176	1,39	2,62	1,38	46,95	2,13	2,94
B	177	1,34	2,61	0,86	48,66	2,06	1,77
B	178	1,25	2,60	0,84	51,92	1,93	1,62
B	179	1,24	2,63	3,08	52,85	1,89	5,83
C	149	1,41	2,71	0,81	47,97	2,08	1,69
C	150	1,33	2,72	1,91	51,10	1,96	3,74
C	151	1,30	2,65	1,52	50,94	1,96	2,98
C	153	1,41	2,67	1,52	47,19	2,12	3,22
C	152	1,43	2,75	0,85	48,00	2,08	1,77
C	218	1,34	2,67	0,91	49,81	2,01	1,83
C	221	1,37	2,63	1,13	47,91	2,09	2,36
C	226	1,46	2,68	0,67	45,52	2,20	1,47

C	219	1,40	2,66	1,82	47,37	2,11	3,84
C	220	1,42	2,65	0,70	46,42	2,15	1,51
C	222	1,38	2,71	1,62	49,08	2,04	3,30
C	223	1,37	2,67	1,32	48,69	2,05	2,71
C	224	1,35	2,70	0,74	50,00	2,00	1,48
C	225	1,31	2,64	0,74	50,38	1,98	1,47
C	252	1,35	2,76	0,93	51,09	1,96	1,82
C	253	1,15	2,66	1,03	56,77	1,76	1,81
C	267	1,34	2,65	2,56	49,43	2,02	5,18
C	268	1,34	2,50	2,79	46,40	2,16	6,01
C	275	1,26	2,63	0,73	52,09	1,92	1,40
C	276	1,29	2,63	2,18	50,95	1,96	4,28
C	279	1,31	2,63	2,04	50,19	1,99	4,06
C	280	1,27	2,63	2,63	51,71	1,93	5,09
C	281	1,24	2,63	1,20	52,85	1,89	2,27
C	284	1,23	2,63	1,66	53,23	1,88	3,12
D	246	1,25	2,63	1,47	52,47	1,91	2,80
D	247	1,35	2,63	15,15	48,67	2,05	31,13
D	248	1,19	2,63	1,42	54,75	1,83	2,59
D	249	1,27	2,63	1,04	51,71	1,93	2,01
D	250	1,25	2,63	2,40	52,47	1,91	4,57
D	251	1,35	2,63	1,36	48,67	2,05	2,79
D	254	1,33	2,63	0,85	49,43	2,02	1,72
D	255	1,32	2,63	0,85	49,81	2,01	1,71
D	256	1,36	2,63	1,56	48,29	2,07	3,23
D	257	1,35	2,63	1,16	48,67	2,05	2,38
D	258	1,35	2,63	2,20	48,67	2,05	4,52
D	259	1,33	2,63	2,77	49,43	2,02	5,60
D	260	1,39	2,63	2,38	47,15	2,12	5,05
D	261	1,36	2,63	0,93	48,29	2,07	1,93
D	262	1,38	2,63	3,22	47,53	2,10	6,77
D	263	1,34	2,63	13,72	49,05	2,04	27,97
D	264	1,35	2,63	0,44	48,67	2,05	0,90
D	265	1,44	2,63	1,27	45,25	2,21	2,81
D	266	1,42	2,63	0,99	46,01	2,17	2,15
D	269	1,30	2,63	0,79	50,57	1,98	1,56
D	270	1,36	2,63	1,01	48,29	2,07	2,09
D	271	1,30	2,63	10,13	50,57	1,98	20,03
D	272	1,20	2,63	11,30	54,37	1,84	20,78
D	273	1,40	2,63	0,88	46,77	2,14	1,88
D	274	1,34	2,63	1,36	49,05	2,04	2,77
D	277	1,42	2,63	1,41	46,01	2,17	3,06
D	278	1,37	2,63	2,90	47,91	2,09	6,05
D	282	1,10	2,63	1,36	58,17	1,72	2,34
D	283	1,26	2,63	1,03	52,09	1,92	1,98
E	294	1,34	2,63	0,64	49,05	2,04	1,30

E	295	1,31	2,63	1,36	50,19	1,99	2,71
E	296	1,43	2,63	1,36	45,63	2,19	2,98
E	297	1,33	2,63	1,13	49,43	2,02	2,29
E	298	1,34	2,63	1,11	49,05	2,04	2,26
E	299	1,42	2,63	0,73	46,01	2,17	1,59
E	300	1,36	2,63	0,71	48,29	2,07	1,47
E	301	1,38	2,63	0,52	47,53	2,10	1,09
E	302	1,38	2,63	1,38	47,53	2,10	2,90
E	303	1,31	2,63	10,50	50,19	1,99	20,92
E	308	1,32	2,63	1,63	49,81	2,01	3,27
E	309	1,34	2,63	1,10	49,05	2,04	2,24
E	310	1,30	2,63	1,25	50,57	1,98	2,47
E	315	1,40	2,63	0,83	46,77	2,14	1,77
E	460	1,40	2,63	0,79	46,77	2,14	1,69
E	461	1,41	2,63	0,46	46,39	2,16	0,99
F	292	1,34	2,63	0,88	49,05	2,04	1,79
F	293	1,39	2,63	0,91	47,15	2,12	1,93
F	304	1,25	2,63	7,26	52,47	1,91	13,84
F	305	1,38	2,63	1,07	47,53	2,10	2,25
F	306	1,31	2,63	1,59	50,19	1,99	3,17
F	307	1,32	2,63	0,91	49,81	2,01	1,83
F	345	1,40	2,63	1,05	46,77	2,14	2,25
F	346	1,32	2,63	1,05	49,81	2,01	2,11
F	347	1,39	2,63	1,32	47,15	2,12	2,80
F	348	1,38	2,63	0,56	47,53	2,10	1,18
F	351	1,35	2,63	0,64	48,67	2,05	1,32
F	352	1,37	2,63	0,94	47,91	2,09	1,96
F	353	1,39	2,63	0,94	47,15	2,12	1,99
F	354	1,35	2,63	0,98	48,67	2,05	2,01
F	361	1,36	2,63	0,89	48,29	2,07	1,84
F	362	1,36	2,63	1,04	48,29	2,07	2,15
F	365	1,33	2,63	1,13	49,43	2,02	2,29
F	366	1,43	2,63	0,93	45,63	2,19	2,04
F	311	1,36	2,63	3,06	48,29	2,07	6,34
F	312	1,35	2,63	1,32	48,67	2,05	2,71
F	313	1,34	2,63	1,43	49,05	2,04	2,92
F	314	1,38	2,63	2,38	47,53	2,10	5,01
F	367	1,32	2,63	0,98	49,81	2,01	1,97
F	368	1,33	2,63	1,10	49,43	2,02	2,23
F	371	1,40	2,63	0,93	46,77	2,14	1,99
F	372	1,34	2,63	0,82	49,05	2,04	1,67
F	373	1,36	2,63	1,18	48,29	2,07	2,44
F	374	1,41	2,63	0,68	46,39	2,16	1,47
F	375	1,39	2,63	1,10	47,15	2,12	2,33
F	376	1,31	2,63	1,30	50,19	1,99	2,59
F	378	1,43	2,63	1,55	45,63	2,19	3,40

G	343	1,41	2,63	1,62	46,39	2,16	3,49
G	344	1,42	2,63	1,09	46,01	2,17	2,37
G	349	1,39	2,63	0,79	47,15	2,12	1,68
G	350	1,38	2,63	1,23	47,53	2,10	2,59
G	355	1,36	2,63	1,99	48,29	2,07	4,12
G	356	1,36	2,63	0,68	48,29	2,07	1,41
G	357	1,37	2,63	1,05	47,91	2,09	2,19
G	358	1,40	2,63	0,91	46,77	2,14	1,95
G	359	1,35	2,63	1,35	48,67	2,05	2,77
G	360	1,44	2,63	2,46	45,25	2,21	5,44
G	363	1,29	2,63	6,50	50,95	1,96	12,76
G	364	1,34	2,63	1,03	49,05	2,04	2,10
G	369	1,34	2,63	1,25	49,05	2,04	2,55
G	370	1,35	2,63	4,90	48,67	2,05	10,07
G	377	1,20	2,63	1,48	54,37	1,84	2,72
G	379	1,24	2,63	1,13	52,85	1,89	2,14
G	459	1,46	2,63	0,38	44,49	2,25	0,85
G	462	1,34	2,63	0,60	49,05	2,04	1,22
G	463	1,30	2,63	1,02	50,57	1,98	2,02
G	464	1,38	2,63	0,42	47,53	2,10	0,88
G	465	1,39	2,63	0,31	47,15	2,12	0,66
G	466	1,35	2,63	0,49	48,67	2,05	1,01
G	467	1,29	2,63	0,98	50,95	1,96	1,92
G	468	1,42	2,63	1,29	46,01	2,17	2,80
G	469	1,36	2,63	3,06	48,29	2,07	6,34
G	470	1,28	2,63	0,11	51,33	1,95	0,21
G	471	1,31	2,63	0,49	50,19	1,99	0,98
G	472	1,31	2,63	0,29	50,19	1,99	0,58
G	473	1,24	2,63	1,13	52,85	1,89	2,14
G	474	1,23	2,63	0,47	53,23	1,88	0,88
G	475	1,26	2,63	1,05	52,09	1,92	2,02
G	476	1,22	2,63	1,77	53,61	1,87	3,30
H	572	1,38	2,63	0,96	47,53	2,10	2,02
H	573	1,28	2,63	0,45	51,33	1,95	0,88
H	574	1,05	2,63	0,50	60,08	1,66	0,83
H	575	1,24	2,63	0,40	52,85	1,89	0,76
H	576	1,33	2,63	0,47	49,43	2,02	0,95
H	577	1,27	2,63	0,42	51,71	1,93	0,81
H	578	1,36	2,63	1,16	48,29	2,07	2,40
H	579	1,34	2,63	0,66	49,05	2,04	1,35
H	580	1,34	2,63	1,50	49,05	2,04	3,06
H	581	1,33	2,63	0,59	49,43	2,02	1,19
H	582	1,34	2,63	0,31	49,05	2,04	0,63
H	583	1,34	2,63	0,40	49,05	2,04	0,82
H	584	1,33	2,63	0,41	49,43	2,02	0,83
H	585	1,36	2,63	1,50	48,29	2,07	3,11

H	586	1,35	2,63	0,32	48,67	2,05	0,66
H	587	1,30	2,63	1,93	50,57	1,98	3,82
H	396	1,42	2,63	0,54	46,01	2,17	1,17
H	397	1,40	2,63	1,41	46,77	2,14	3,01
H	398	1,32	2,63	0,30	49,81	2,01	0,60
H	399	1,42	2,63	0,33	46,01	2,17	0,72
H	400	1,40	2,63	0,61	46,77	2,14	1,30
H	401	1,41	2,63	0,50	46,39	2,16	1,08
H	402	1,40	2,63	0,59	46,77	2,14	1,26
H	403	1,42	2,63	0,52	46,01	2,17	1,13
H	404	1,39	2,63	0,79	47,15	2,12	1,68

Fonte: Autor, 2014.