



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA

**IMPACTOS FÍSICO-QUÍMICOS DA DISPOSIÇÃO DE REJEITO DE  
DESSALINIZADORES DAS ÁGUAS DE POÇOS EM SOLOS DO OESTE POTIGUAR**

MOSSORÓ-RN

2016

ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA

**IMPACTOS FÍSICO-QUÍMICOS DA DISPOSIÇÃO DE REJEITO DE  
DESSALINIZADORES DAS ÁGUAS DE POÇOS EM SOLOS DO OESTE POTIGUAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

MOSSORÓ - RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Mi            Moreira de Oliveira, André.  
                 Impactos físico-químicos da disposição de rejeito  
                 de dessalinizadores das águas de poços em solos do  
                 Oeste Potiguar / André Moreira de Oliveira. -  
                 2016.  
                 113 f. : il.

                 Orientador: Nildo da Silva Dias.  
                 Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
                 do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
                 Manejo de Solo e Água, 2016.

                 1. Recursos hídricos. 2. Solos Salinos. 3.  
                 Osmose Reversa. 4. Água residuária. I. da Silva  
                 Dias, Nildo, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA

**IMPACTOS FÍSICO-QUÍMICOS DA DISPOSIÇÃO DE REJEITO DE  
DESSALINIZADORES DAS ÁGUAS DE POÇOS EM SOLOS DO OESTE  
POTIGUAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

Defendida em: 15 / 07 / 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

*Nildo da Silva Dias*

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias (UFERSA - Mossoró)  
Presidente

*[Assinatura]*

Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins (UFERSA - Caraúbas)  
Membro Examinador

*Cybele Barbosa Lima Vasconcelos*

Profa. Dra. Cybele Barbosa e Lima Vasconcelos (UFERSA - Mossoró)  
Membro Examinador

*Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel*

Dra. Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel (Bolsista PNP)  
Membro Examinador

*Alexandre de Oliveira Lima*

Dr. Alexandre de Oliveira Lima (EMATER)  
Membro Examinador

Dedico este trabalho com muito amor e carinho a meus pais Assis e Daura, por todo esforço em priorizar uma educação de qualidade e formação moral, manifestando todo amor e cuidado durante toda a minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus pela saúde e o dom da sabedoria, pois sem ele nada é possível.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido por proporcionar-me toda formação acadêmica e profissional ao longo da graduação, mestrado e doutorado.

Aos queridos amigos de turma e de Laboratório de Análise de Solo e Água - LASAP, pelos bons momentos vividos em aulas, trabalhos e as conversas de experiência e encorajamento.

Dentre os amigos, me darei o direito de citar dois. Que pela ajuda substancial no desenvolvimento deste trabalho, pela dedicação e competência ao longo de vários anos. Então não poderia deixar de agradecer a Andlêr Milton e Bendeivide Batista.

A minha esposa, Lycia Nascimento, que com seu jeitinho incomparável, bom humor e competência ajudou-me nos momentos difíceis. Obrigado pelo carinho e dedicação, te amo!

Aos meus amados irmãos, Átilla, Alyce, David e Aléssia pelo amor e conforto familiar proporcionado ao longo dessa difícil jornada.

Ao meu amigo-irmão Prof. Daniel “dandan”, que nos últimos 5 anos tem vivenciado o dia-a-dia comigo, proporcionando inúmeros momentos especiais, colaborando diretamente na construção deste trabalho.

A todos os professores da Agronomia e do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, que dedicam seu tempo para compartilhar os conhecimentos e formar as mentes do futuro.

A Professora Jeane Cruz Portela, contribuindo de forma valorosa com a viabilização deste trabalho.

Dentre os professores, agradeço de modo especial, ao Professor Nildo da Silva Dias, meu amigo e orientador, por guiar-me em toda vida acadêmica, ensinando muitas coisas, pela paciência, franqueza, oportunidade e apoio que nunca me faltou ao longo de onze anos. Levarei comigo tudo o que foi adquirido. De coração, eternamente grato!

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, meu sincero OBRIGADO!

*ãA ciência nunca resolve um problema  
sem criar pelo menos outros dezõ.*

George Bernard Shaw

## RESUMO

Ainda que, no Semiárido brasileiro, predomine o embasamento cristalino, com poços de água salobra, a tecnologia da dessalinização permite a sua potabilização. Desde o final da década de 1990, vem sendo implantados equipamentos de dessalinização por osmose reversa visando o atendimento da demanda hídrica para consumo humano, especialmente na zona rural do Nordeste. No entanto, dificuldades estão presentes na implantação dos equipamentos, tais como a falta de operação e manutenções adequadas que causam a paralisação dos mesmos, e a produção de rejeitos com elevados teores de sais, normalmente despejados ao solo sem qualquer critério, cujo maior impacto tem sido o aumento da salinidade do solo ao longo do tempo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rejeito gerado pela osmose reversa e sua influência nas alterações dos atributos físico-químicos de distintos solos receptores em comunidades rurais do Oeste Potiguar. A pesquisa ocorreu no período de 2013 e 2014, inicialmente, foram identificadas as comunidades abastecidas com as unidades de captação e tratamento de água por dessalinização, por meios de um levantamento cadastral. Para isto, foram realizadas 4 campanhas de coletas em diferentes períodos de seca e chuva nos solos receptores do rejeito salino, usando três distâncias (0; 1 e 2 metros do ponto de despejo), com duas camadas para cada ponto (0-20 e 20-40 cm), bem como avaliação da qualidade das águas tratadas por osmose reversa, poço e rejeito salino, dentro de cada período. Foram analisados atributos físico-químicos das águas para fins de irrigação e as amostras de solo para avaliação da fertilidade. Os dados foram submetidos a testes estatísticos de médias, por Scott Knott, verificando o comportamento dentro dos pontos e camadas de cada período e entre os 4 períodos. As águas foram classificadas quanto ao uso na irrigação; aos riscos de infiltração e toxicidade em plantas. Os solos foram classificados de acordo com a salinidade, considerando pH, CEes e PST. As estações de tratamento de água por osmose reversa nas comunidades rurais monitoradas produzem uma água dessalinizada com concentrações baixas de sais, com 68% do total das amostras estão na classe de classificação  $C_1S_1$ ; 25% na classe  $C_2S_1$  e; apenas 7% na classe  $C_3S_1$ . Com relação ao rejeito gerado, 93% das amostras de água de rejeito se classificaram como  $C_3$  ou  $C_4$  nos quatro períodos de coleta, ou seja, águas de alto ou extremamente alto risco de salinização. As diferentes classes de solos receptores do rejeito salino das comunidades apresentaram alterações significativas dos seus atributos e sua qualidade ao longo dos períodos, sendo mais evidente nos períodos secos e camadas de solos com maior presença de argila, promovendo classificações distintas para um mesmo solo, influenciadas diretamente pela água de rejeito do processo de dessalinização.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Solos salinos. Osmose reversa. Água residuária.



## ABSTRACT

In spite of the fact that crystalline basement predominates with brackish water wells in Brazilian thirstland, desalination technology by reverse osmosis enables its potabilization. Since the late nineties, reverse osmosis desalination devices have been deployed in order to meet the water demand for human consumption, especially in the rural Northeast. Nevertheless, difficulties are present in such deployment like lack of operation and proper maintenance, causing stoppage thereof and producing high-level reject brine, which is usually discharged to the ground without any criteria, and its main consequence has been soil salinity increase over time. Thus, this work aims at evaluating the outcome of the reverse osmosis desalination discharge and its influence in physicochemical attributes of distinct receiver soils in rural communities from Potiguar west. This research was conducted between 2013 and 2014. At first, the communities which were supplied by catchment and treatment of desalinated water centers were registered through a cadastral survey. In order to do so, four data collection expeditions took place in different periods, raining season and drought, on the soils receiving reject brine. Three distances were used (0, 1 and 2 meters from the discharge points) with two layers for each point (0-20cm and 20-40 cm) as well as the evaluation of a) the reverse osmosis treated water quality, b) the well, c) the reject brine. Physicochemical attributes of water for irrigation was also analyzed as well as soil samples for a fertility evaluation. Data were subjected to statistical average tests by Scott Knott to verify the behavior within the points and layers according to each period and between all four periods. The waters were classified according to its use for irrigation; leakage risks and toxicity in plants. The soils were classified according to salinity, Ph considering CE and PST. In the monitored rural communities, the reversed osmosis water treatment stations produce desalinated water with low concentrations of salts, with 68% of all samples are in C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> rating class; 25% in C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> and class; only 7% in C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> class. Regarding the reject brine, 93% of waste water samples were classified as C<sub>3</sub> or C<sub>4</sub> during the four collecting periods, that is, at high or extremely high salinization risk. The different types of receiver soils of reject brine coming from such communities show meaningful alteration of their attributes and of their qualities throughout the periods, being that more noticeable during the drought periods and on the layers of soils with greater amount of clay, promoting different ratings for the same soil, being such ratings influenced directly by the waste water from desalination process.

**Keywords:** Water resources. Saline soils. Reverse osmosis. Wastewater.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Região oeste potiguar com suas microrregiões que a compõe.....	18
<b>Figura 2</b> - Diagrama de classificação de água proposta por Richards (1954).....	23
<b>Figura 3</b> - Mapa da área experimental. ....	31
<b>Figura 4</b> - Mapa de solos (IBGE) da área experimental, mesorregião do Oeste Potiguar, com a localização dos pontos coletados no início da pesquisa. ....	33
<b>Figura 5</b> - Mapa de solos (IBGE) da área experimental com a localização dos pontos coletados.....	34
<b>Figura 6</b> - Área de coleta das amostras correspondente ao local de eliminação do rejeito salino na comunidade Monte Alegre (Governador Dix-Sept Rosado, RN).....	35
<b>Figura 7</b> - Esquema da coleta de amostras de solo em diferentes distâncias do ponto de disposição do rejeito e camadas do solo. ....	36
<b>Figura 8</b> - Análise química do solo no Laboratório de Química Geral – UFERSA ( <i>Câmpus</i> Caraúbas).....	39
<b>Figura 9</b> - Valores de precipitação (mm) nos períodos de coleta nos municípios onde estão localizadas as comunidades rurais estudadas. ....	41
<b>Figura 10</b> - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas brutas das comunidades rurais do Oeste Potiguar nos 4 períodos. ....	43
<b>Figura 11</b> - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas de dessalinizadas das comunidades rurais do Oeste Potiguar nos 4 períodos. ....	49
<b>Figura 12</b> - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas de rejeito das comunidades rurais do oeste potiguar nos 4 períodos. ....	54
<b>Figura 13</b> - Valores de Potencial Hidrogeniônico do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros. ....	63
<b>Figura 14</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Boa Fé (Mossoró) .....	63
<b>Figura 15</b> - Valores de Condutividade Elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros.....	71
<b>Figura 16</b> - Animais consumindo água de rejeito nas proximidades do dessalinizador – Comunidade EMA (José da Penha). ....	74
<b>Figura 17</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade EMA (José da Penha).....	75
<b>Figura 18</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Juazeiro (Apodi). ....	76
<b>Figura 19</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Lagoa Rasa (Apodi). ....	78
<b>Figura 20</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Alagoinhas (Pau dos Ferros). ....	79
<b>Figura 21</b> - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Jacu (Francisco Dantas). ....	80
<b>Figura 22</b> - Valores de PST (%) do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros.....	86

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Localização e coordenadas das comunidades monitoradas. ....	34
<b>Tabela 2</b> - Classificação de solos afetados por sais. ....	37
<b>Tabela 3</b> - Classificação dos solos segundo sua porcentagem de sódio trocável (PST) .....	38
<b>Tabela 4</b> - Caracterização da granulometria e classe textural do solos das comunidades rurais .....	38
<b>Tabela 5</b> - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água. ....	40
<b>Tabela 6</b> - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas. ....	40
<b>Tabela 7</b> - Análise química da água bruta no período de outubro e novembro de 2013.....	45
<b>Tabela 8</b> - Análise química da água bruta no período de fevereiro e março de 2014.....	45
<b>Tabela 9</b> - Análise química da água bruta no período de junho e julho de 2014.....	46
<b>Tabela 10</b> - Análise química da água bruta no período de outubro e novembro de 2014.....	46
<b>Tabela 11</b> - Análise química da água dessalinizada no período de outubro e novembro de 2013.....	51
<b>Tabela 12</b> - Análise química da água dessalinizada no período de fevereiro e março de 2014. .....	51
<b>Tabela 13</b> - Análise química da água dessalinizada no período de junho e julho de 2014. ....	52
<b>Tabela 14</b> - Análise química da água dessalinizada no período de outubro e novembro de 2014.....	52
<b>Tabela 15</b> - Análise química da água de rejeito no período de outubro e novembro de 2013.....	57
<b>Tabela 16</b> - Análise química da água de rejeito no período de fevereiro e março de 2014. ...	57
<b>Tabela 17</b> - Análise química da água de rejeito no período de junho e julho de 2014. ....	58
<b>Tabela 18</b> - Análise química da água de rejeito no período de outubro e novembro de 2014.....	58
<b>Tabela 19</b> - Resumo do teste de médias entre os períodos para o Potencial Hidrogeniônico do solo (pH) de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância. ....	60
<b>Tabela 20</b> - Resumo do teste de médias para o pH de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância .....	66
<b>Tabela 21</b> - Resumo do teste de médias para a Condutividade Elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) do solo de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância. ....	68
<b>Tabela 22</b> - Resumo do teste de médias para a Condutividade Elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância .....	73
<b>Tabela 23</b> - Resumo do teste de médias para a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância.....	83
<b>Tabela 24</b> - Resumo do teste de médias para a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância .....	88

## APÊNDICE

<b>Tabela A 1</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	97
<b>Tabela A 2</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	97
<b>Tabela A 3</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Junho e Julho de 2014.....	98
<b>Tabela A 4</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	98
<b>Tabela A 5</b> - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoro) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	99
<b>Tabela A 6</b> - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	99
<b>Tabela A 7</b> - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Junho e Julho de 2014.....	100
<b>Tabela A 8</b> - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	100
<b>Tabela A 9</b> - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	101
<b>Tabela A 10</b> - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	101
<b>Tabela A 11</b> - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Junho e Julho de 2014.....	102
<b>Tabela A 12</b> - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	102
<b>Tabela A 13</b> - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	103
<b>Tabela A 14</b> - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	103
<b>Tabela A 15</b> - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Junho e Julho de 2014.....	104
<b>Tabela A 16</b> - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	104
<b>Tabela A 17</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	105
<b>Tabela A 18</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	105
<b>Tabela A 19</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Junho e Julho de 2014.....	106
<b>Tabela A 20</b> - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	106
<b>Tabela A 21</b> - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	107
<b>Tabela A 22</b> - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	107
<b>Tabela A 23</b> - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Junho e Julho de 2014.....	108
<b>Tabela A 24</b> - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	108

<b>Tabela A 25</b> - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Outubro e Novembro de 2013.....	109
<b>Tabela A 26</b> - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Fevereiro e Março de 2014.....	109
<b>Tabela A 27</b> - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Junho e Julho de 2014.....	110
<b>Tabela A 28</b> - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Outubro e Novembro de 2014.....	110
<b>Tabela A 29</b> - Dados Meteorológicos de precipitação pluvial (mm) durante os 4 períodos coletados.	111

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 Objetivo Geral .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
3.1 Semiárido Brasileiro .....	16
3.2 Escassez dos recursos hídricos .....	17
3.3 Mesorregião Oeste potiguar .....	18
3.4 Classificação das águas para fins de irrigação .....	20
3.5 Dessalinização de águas subterrâneas salobras .....	24
3.6 Destinação do rejeito salino .....	25
3.7 Salinidade dos solos .....	28
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
4.1 Localização e caracterização da área do estudo .....	31
4.2 Coletas e análises .....	35
4.3 Análise e interpretação dos resultados .....	41
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
5.1 Avaliação da qualidade das águas.....	42
5.1.1 Águas brutas (poço) .....	42
5.1.2 Águas dessalinizadas.....	48
5.1.3 Águas de rejeito .....	53
5.2 Atributos químicos dos solos sob a influência da disposição do rejeito salino .....	59
5.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH).....	59
5.2.2 Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE <sub>es</sub> ).....	67
5.2.3 Porcentagem de Sódio Trocável (PST) .....	81
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>90</b>
<b>7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>91</b>
<b>8 APÊNDICE</b> .....	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A variabilidade do clima e a escassez hídrica são características marcantes do Semiárido brasileiro. Conviver com o Semiárido é adaptar a sociedade a forma específica da ocorrência do clima na região. O acesso à água pelas populações rurais difusas continua a ser um problema significativo, não obstante a redução percentual dessas populações devido à emigração para centros urbanos. Aqui se faz necessária a água para beber e para produzir. Diferentes políticas públicas com base em uma solução tecnológica específica têm passado pelo Semiárido como ondas: a pequena açudagem, os poços com dessalinizadores e as cisternas são algumas delas (ANA, 2012).

No semiárido do Nordeste do Brasil, as condições físico-climáticas que predominam podem, relativamente, dificultar a vida, exigir maior empenho e racionalidade na gestão dos seus recursos naturais em geral e da água, em particular. Em diversas comunidades rurais nordestinas, a única fonte de água é o aquífero subterrâneo, onde, na maioria das vezes, possui águas salinas que precisam de tratamento para torná-las potáveis. Sem opção, muitas consomem água com salinidade acima do limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde - OMS, que é de 500 ppm, utilizando também para fins de irrigação das áreas cultivadas e na criação de animais.

A tecnologia de dessalinização de águas não é uma novidade, existem projetos de dessalinização no mundo desde o século 19, mas somente nos últimos anos têm se tornado uma realidade mais evidenciada para as comunidades do semiárido nordestino, onde empresas nacionais no domínio da tecnologia começaram a produzir em escala, acarretando numa redução bastante significativa na produção de equipamentos, antes importados de outros países.

O tratamento amplamente utilizado para reduzir a concentração de sais destas águas tem sido a dessalinização por osmose reversa, com experiências exitosas na maioria das localidades onde as unidades de tratamento de água por dessalinização têm sido implantadas, possibilitando a sua utilização para consumo humano. Nos últimos anos, muitos equipamentos de dessalinização vêm sendo instalados no Brasil, especialmente na região Nordeste.

Um dos fatores que preocupa quando se fala em expansão do uso da osmose reversa diz respeito aos rejeitos gerados no processo de dessalinização, pois, independentemente da eficiência da membrana e da estrutura instalada dos dessalinizadores, o sistema de osmose

reversa produzirá sempre a água potável, mas também a água residuária (rejeito salmoura ou concentrado); estimada em aproximadamente 60% da água bruta inicialmente tratada por osmose reversa, com concentração de sais superior à salinidade da água original. Deste modo, o grande desafio da utilização do sistema de tratamento de água com osmose reversa reside na disposição ou reutilização da água de rejeito de forma a evitar impactos negativos ao ambiente, pois comumente são despejados em cursos d'água e no solo sem qualquer critério.

No oeste potiguar há um grande número de dessalinizadores instalados e de acordo com as informações fornecidas pelos operadores dos dessalinizadores de algumas comunidades da região, o rejeito produzido é, em média, de  $8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  – e considerando que existem em torno de 62 dessalinizadores instalados nesta região, segundo informações fornecidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2013),  $440 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  de rejeito estão sendo lançados diariamente no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento.

Considerando ainda que a maior parte da origem dos solos da mesorregião oeste potiguar é de origem sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais, proporcionando a formação de solos com ampla variação de características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas. Os solos mais comuns na região são os Argissolos, Neossolos, Cambissolos, Chernossolos, Vertissolos e Latossolos. Na literatura poucas pesquisas evidenciam a influência do rejeito salino e suas sucessivas disposições nos diferentes tipos de solo.

Diante disso, pesquisas para averiguar a qualidade da água dos poços com estação de tratamento de água por osmose reversa e a influência da disposição do rejeito da dessalinização no solo, são de extrema importância para verificar o potencial desta prática de dessalinização sem efetivo controle, uma vez que muitos recursos têm sido empregados nesta tecnologia, contudo, sem a devida atenção aos impactos ambientais da disposição do rejeito gerado sobre o solo. O que pode em um futuro muito próximo, tornar nossos solos antes agricultáveis, em impróprios para qualquer cultivo ou sobrevivência de espécies vegetais em condições tão adversas, como a desertificação.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a qualidade físico-química das águas do processo de dessalinização das águas salobras de poços e quantificar a poluição dos solos pelo despejo de rejeito das estações de tratamentos em comunidades rurais do Oeste Potiguar.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar os riscos de salinização do solo, problemas com infiltração e a toxicidade de íons específicos das águas salobras de poços, de rejeito salino provenientes de estações de tratamento e a água potável da dessalinização em diferentes períodos do ano em 7 comunidades rurais do Oeste Potiguar;
- b) Classificar as águas do processo de dessalinização das águas salobras das estações de tratamentos por osmose reversa utilizando os critérios proposto por Richards (1954) e Ayers e Westcot (1999) em períodos de seca e inverno;
- c) Estudar a variabilidade espacial e temporal dos atributos físico-químicos e a distribuição de sais solúveis nos perfis dos solos receptores do rejeito salino em períodos de seca e chuvosos;
- d) Classificar os solos receptores do rejeito salino em quatro períodos do ano quanto a salinidade, potencial hidrogeniônico e a porcentagem de sódio trocável;
- e) Avaliar o comportamento das variáveis físico-químicas de diferentes tipos de solos receptores do rejeito salino em períodos de seca e chuvosos, identificando restrições e potencialidades nas comunidades rurais.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Semiárido Brasileiro

O Semiárido brasileiro representa 18% do território nacional e abriga 29% da população nacional. Possui uma extensão de 858.000 km<sup>2</sup>, representando cerca de 57% do território nordestino, sendo que a área designada como Polígono das Secas (ocorrência de secas periódicas) é estimada em 1.083.790,7 km<sup>2</sup>. No Semiárido, vivem 22,6 milhões de pessoas, com destaque para o fato de que 8,6 milhões pertencem à zona rural, caracterizada por alta vulnerabilidade, já que estão entre os mais pobres da região, com índices de qualidade de vida muito abaixo da média nacional. Sua densidade demográfica de 23 hab/km<sup>2</sup> não parece elevada quando comparada com a média nordestina que é de 34 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Contudo, tomando por base outras regiões semiáridas no mundo, apresenta-se como uma das mais elevadas. Acresça-se a esse fato as próprias características naturais ali predominantes. Longe de se caracterizar como um espaço homogêneo, o semiárido pode ser apresentado como um "grande mosaico" (SUDENE, 2004).

O Semiárido nordestino tem como traço principal as frequentes secas que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. Não é rara a sucessão de anos seguidos de seca. Geoambientalmente, além das vulnerabilidades climáticas do semiárido, como também aquelas resultantes de ações antrópicas, grande parte dos solos encontra-se degradados. Os recursos hídricos caminham para a insuficiência ou apresentam níveis elevados de poluição. A flora e a fauna vêm sofrendo a ação predatória do homem. E os frágeis ecossistemas regionais não estão sendo protegidos, ameaçando a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais e criando riscos à ocupação humana, inclusive associados a processos, em curso, de desertificação (SUASSUNA, 1999)

As regiões áridas e semiáridas do planeta geralmente são pobres e de agricultura subdesenvolvida. Nessas regiões, além da limitação de água ocorrem, também, com frequência, solos com sérias limitações. Com relação ao rendimento agrícola, as regiões semiáridas normalmente não podem competir com as úmidas, de modo que são consideradas terras marginais. As tentativas para produção de alimentos nestas áreas, geralmente, fracassam por ocasião das secas, o que provoca a desorganização da economia da região e agrava os sérios

problemas sociais já existentes. A produção de alimentos deve ficar restrita às áreas passíveis de irrigação, diminuindo, assim, os riscos de fracasso e proporcionando uma produção constante e de maior produtividade (MENDES, 1986).

### **3.2 Escassez dos recursos hídricos**

Entre todos os recursos de que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola e de ecossistemas naturais (TAIZ & ZEIGER, 2004). A importância ecológica da água está associada ao fato de que quase todos os processos fisiológicos das plantas são, direta ou indiretamente, influenciados pelo suprimento hídrico (KRAMER & BOYER, 1995).

A insuficiência de água é um problema ambiental cujos impactos tendem a ser cada vez mais graves caso o manejo dos recursos hídricos não seja revisto pelos países. Nas regiões mais secas da Terra, as populações locais vivem numa situação que se convencionou chamar de "estresse hídrico". Trata-se de uma combinação de fatores ambientais (como a falta de chuvas) e socioeconômicos (alto crescimento demográfico) que resulta em crescimento exponencial da população e conseqüente redução da quantidade de água per capita. Isso nem sempre ocorre, porém, em razão da falta de recursos hídricos.

Em decorrência da escassez qualitativa e quantitativa de água, vários pesquisadores assinalam para importantes litígios locais e mesmo conflitos entre nações, considerando que o consumo mundial duplica a cada 20 anos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Para Rebouças (1999), a guerra da água é um conflito milenar que tende a se expandir para além das suas áreas tradicionais, Oriente Médio e Norte da África, sobretudo as poucas ações vêm sendo realizadas afim de impedi-las.

É notório que a escassez de água no semiárido nordestino é um problema que demanda uma resposta prioritária. Sua causa está relacionada à baixa precipitação pluvial e irregularidade das chuvas da região e uma estrutura geológica que não permite acumular satisfatoriamente água no subsolo, o que interfere, até mesmo, no regime dos corpos hídricos. Em virtude do solo, a água apresenta, na maioria das vezes, salinidade elevada – com teores de cloreto acima de  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  – o que a torna imprópria ao consumo humano (SUASSUNA, 1999).

Mesmo com a deficiência de recursos hídricos superficiais, poderiam ser extraídos do subsolo da região Nordeste, sem possibilidade de colapso dos mananciais, pelo menos 19,5

bilhões de m<sup>3</sup> de água subterrânea (SOARES, 2007). No entanto, ainda de acordo com Soares (2007), o uso destas águas subterrâneas é restrito devido aos problemas dos poços situados no interior nordestino, que é a concentração elevada de sais.

Não obstante, Amorim (2001) ressalta que o problema da salinização dos mananciais não torna estes recursos inexploráveis já que, a tecnologia da dessalinização permite a viabilização dos mesmos no Nordeste do Brasil, onde vem sendo empregada a tecnologia da osmose reversa.

### 3.3 Mesorregião Oeste potiguar

O Oeste Potiguar é uma das quatro mesorregiões do Rio Grande do Norte e é a segunda mais importante e segunda mais populosa. É constituída por 62 municípios agrupados em sete microrregiões (Figura 1). Sua área é de 21.167,130 km<sup>2</sup>, com população estimada em 883.060 habitantes (IBGE, 2014).



**Figura 1** - Região oeste potiguar com suas microrregiões que a compõe.

Fonte: riograndedonorte.com

A região Oeste Potiguar tem uma dinâmica econômica impulsionada pelas atividades petrolíferas e pela fruticultura irrigada para exportação. Esta região é banhada por duas grandes bacias hidrográficas do estado do Rio grande do Norte, os rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu, além de grandes volumes de água subterrânea nos aquíferos calcário (águas de

média e de alta salinidade) com cerca de 100 – 300 m de profundidade e arenito-açu (água de baixa salinidade), com profundidade média variando entre 800 - 1000 m.

Para Medeiros, Lisboa e Oliveira (2003) os tipos de poços mais utilizados na região são os que exploram o aquífero Jandaíra, a utilização dessas águas está relacionada ao menor custo de perfuração, o qual é realizado por pequenas empresas locais, com custo de manutenção e bombeamento acessíveis aos pequenos produtores. No entanto, essas águas apresentam concentração de sais relativamente elevada, podendo ser superior a  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  ( $\text{CE} = 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Por outro lado, os poços do Arenito Açú, geralmente são perfurados por empresas multinacionais do ramo petrolífero, custando cerca de 20 vezes o valor da perfuração no aquífero Jandaíra.

Além do menor custo de captação, as águas do calcário Jandaíra tem como potencialidade o reabastecimento rápido do lençol no período das chuvas por estar mais próximo a superfície, o que permite receber uma maior recarga média anual, porém, depende do regime pluviométrico do período. A utilização dessa fonte água salina fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade, ao sistema de irrigação adotado e ao manejo empregado, que deverá ter como objetivo monitorar e controlar a salinização do solo. Já no arenito Açú a recarga é mais baixa quando comparada ao aquífero Jandaíra, pela sua profundidade e menores pontos de recarga e afloramento na superfície. Sua utilização é mais empregada para consumo humano, abastecendo a população de algumas cidades, como Mossoró, e grandes empresas do agropólo Mossoró/Assú de fruticultura irrigada (OLIVEIRA, 2011).

Os materiais de origem dos solos do oeste potiguar são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais. Isso leva a formação de solos com ampla variação de características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas, sendo que os solos mais comuns na região são os Cambissolos, Neossolos Litólicos, Chernossolos Rêndzicos, Neossolos Flúvicos, Vertissolos, Argissolos e Latossolos (ERNESTO SOBRINHO, 1979).

Na região litorânea os latossolos são predominantes, do tipo vermelho amarelo, caracterizados por serem de boa drenagem, baixos teores de matéria orgânica, porosos, ácidos e com mais de 1m de profundidade; além dos neossolos (areias quartzosas, regossolos, solos aluviais e litólicos), que são arenosos, não hidromórficos e também presentes nas margens dos rios. No centro-sul predomina o luvisso, de acidez moderada, baixa profundidade, ondulado e rico em nutrientes. Na Chapada do Apodi estão os chernossolos, caracterizados pelo seu teor alcalino e pela sua drenagem, que varia entre moderada e imperfeita. Os argissolos, com baixos teores de matéria orgânica, e com profundidade moderada a alta, são abundantes

principalmente na região do Alto Oeste. Nas regiões de relevo plano a muito ondulado estão os cambissolos eutróficos, formados a partir de ação das rochas (que comumente aflora na superfície), bem drenados e com profundidade variável, normalmente rasos. Outros tipos de solo, presentes em várias áreas do estado, são os neossolos e planossolos (ERNESTO SOBRINHO, 1979). A mineralogia dos solos e a textura são características que devem ser consideradas no estabelecimento do manejo adequado de água e de planta na agricultura irrigada da região.

Em algumas áreas irrigadas tem sido verificados evidências de salinização dos solos e perda de rendimento das culturas associados ao manejo inadequado do solo, da água e da planta. Ainda que esses problemas sejam mais evidentes em solos argilosos, com drenagem deficiente e que possuem argila de atividade alta, ainda não tem sido devidamente consideradas por alguns agricultores, técnicos e pesquisadores. Comumente, se utiliza qualquer tipo de água e o mesmo manejo de água, desconsiderando o tipo de solo e de cultura.

### **3.4 Classificação das águas para fins de irrigação**

Na classificação das águas para fins de irrigação, três parâmetros são considerados importantes: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. A salinidade é o resultado da acumulação de sais no solo que contribui para o aumento do potencial osmótico, dificultando a capacidade de absorção de água e capacidade de absorção não seletiva de nutrientes pelas plantas, podendo levar a morte por déficit hídrico. A sodicidade faz referência ao efeito relativo do sódio da água de irrigação tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST), alterando as propriedades físico-químicas e promovendo problemas de infiltração. A PST com valores elevados, principalmente em condições de baixa salinidade, provocam dispersão de partículas, com redução na condutividade hidráulica do solo. A razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação é o parâmetro de melhor correlação com a PST do solo. Determinados íons constituem parâmetros importantes pela toxicidade que podem causar às culturas. Íons cloreto, sódio e boro, quando presentes em elevadas concentrações na água, podem causar danos às plantas, afetando sua produção (HOLANDA, 1996).

Como ainda não existe uma classificação de água adequada para as condições brasileiras levando em considerando o sistema solo, água, planta e clima, bem como

aplicabilidade para os diferentes níveis tecnológicos aplicados, em relação ao manejo de irrigação, a classificação mais utilizada é a proposta pelo UCCC (University of California Committee of Consultants), citado por Ayers e Westcot (1999) e Pizzaro (1985) e a do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954).

A condutividade elétrica é o parâmetro empregado para expressar a concentração de sais solúveis na água tendo em vista a elevada correlação que existe com os sólidos totais dissolvidos. A salinidade afeta tanto o crescimento das plantas como a produção e qualidade do produto, se manifestando principalmente na redução da população e desenvolvimento das culturas, com sintoma similar ao causado por estresse hídrico (RHOADES, 1992).

A classificação das águas para irrigação quanto à salinidade e quanto à sodicidade, segundo Richards (1954), divide-se em quatro classes em função da concentração salina, “C”, conforme o risco de causar salinização nos solos e quatro classes, de acordo com o teor de sódio, “S”, referentes ao risco de se alcançar níveis prejudiciais no complexo sortivo do solo, conforme apresentado a seguir:

- C<sub>1</sub> - Água de baixa salinidade ( $0,25 \text{ dS m}^{-1} > \text{CE}$ ): Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas, na maioria dos solos, com pouca probabilidade de que se desenvolvam problemas de salinidade no solo. Alguma lixiviação de sais é necessária, porém esta ocorre em condições normais de irrigação, exceto em solos extremamente mal drenados com muito baixa permeabilidade;
- C<sub>2</sub> - Água de média salinidade ( $0,25 \text{ dS m}^{-1} < \text{CE} < 0,75 \text{ dS m}^{-1}$ ): Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade;
- C<sub>3</sub> - Água de alta salinidade ( $0,75 \text{ dS m}^{-1} < \text{CE} < 2,25 \text{ dS m}^{-1}$ ): Não pode ser usada em solos com drenagem deficiente. Mesmo com a drenagem adequada pode necessitar realização de práticas especiais de controle do nível de salinidade, devem ser utilizadas somente culturas com boa tolerância a sais;
- C<sub>4</sub> - Água de salinidade muito alta ( $\text{CE} > 2,25 \text{ dS m}^{-1}$ ): Não é recomendada para irrigação sob condições normais, mas pode ser utilizada ocasionalmente sob circunstâncias muito especiais. Os solos devem ser permeáveis e devem ter drenagem adequada. A água de irrigação deve ser aplicada em excesso de forma a lixiviar os sais excedentes e devem ser selecionadas culturas muito tolerantes a salinidade.

Elevados valores de percentual de sódio trocável (PST), principalmente sob condições de baixa salinidade, causam a dispersão de partículas com redução na condutividade hidráulica do solo (HOLANDA, 1992). A razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação é o parâmetro de melhor correlação com a PST do solo. Richards (1954) foi o pioneiro a inserir esse conceito em um sistema de classificação de águas para irrigação que passou a ser usado em todo mundo.

O risco de sodicidade passou a ser calculado com mais segurança relacionando a RAS com a salinidade da água, calculada pela Equação 1:

(Eq. 1)

$$RAS = \frac{Na}{\frac{(Ca + Mg)}{2}}$$

em que,

Na - Concentração de sódio na água, em mmolc L<sup>-1</sup>;

Ca - Concentração de cálcio na água, em mmolc L<sup>-1</sup>

Mg - Concentração de magnésio na água, em mmolc L<sup>-1</sup>.

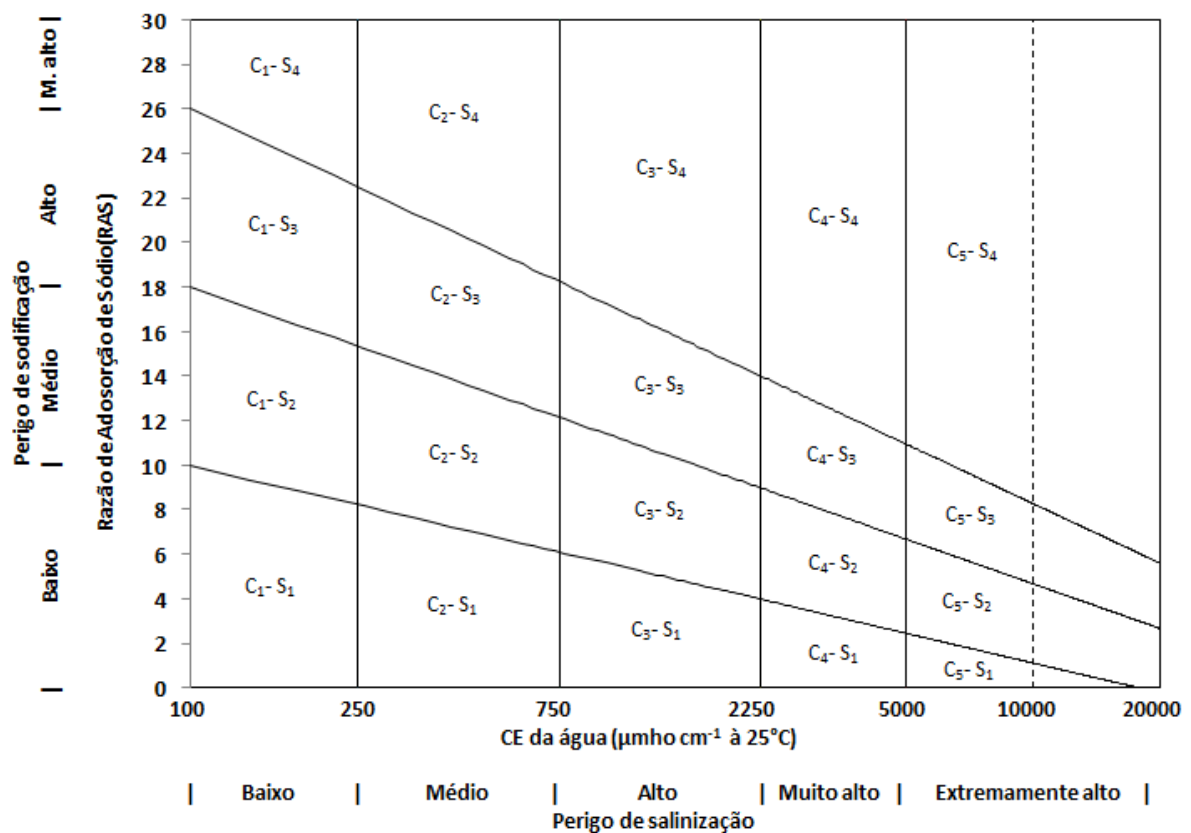
A classificação das águas de irrigação analisando a RAS se baseia basicamente no efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade. Richards (1954) dividiu as águas em quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da condutividade elétrica da água (CE<sub>a</sub>), com as seguintes explicações

- S<sub>1</sub> - Água com baixa concentração de sódio ( $RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE_a$ ): Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos com baixo risco de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.
- S<sub>2</sub> - Água com médio teor de sódio ( $18,87 - 4,44 \log CE_a < RAS \leq 31,31 - 6,66 \log CE_a$ ): Estas águas representam risco de excesso de sódio em solos de textura argilo siltosa, com alta capacidade de troca catiônica, especialmente se mal drenados, a não ser que o solo contenha gesso. Esta água pode ser usada em solos arenosos ou solos orgânicos com boa drenagem.
- S<sub>3</sub> - Água com alto teor de sódio ( $31,31 - 6,66 \log CE_a < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE_a$ ): Pode produzir altos níveis de sódio trocável na maioria dos solos. Requer manejo



adequado dos solos, boa drenagem, aplicação de lamina adequada de lixiviação e adição de matéria orgânica. Solos com gesso podem manter níveis aceitáveis de sódio quando irrigados com estas águas. Pode ser necessário o uso de corretivos químicos para deslocar o sódio trocável, exceto quando usadas águas com alto teor de sais. Neste caso o uso destes corretivos pode não ser viável.

- S<sub>4</sub> - Água com teor de sódio muito alto. ( $RAS > 43,75 - 8,87 \log CE_a$ ): Geralmente não apropriada para irrigação, exceto com salinidade baixa ou talvez com salinidade média e quando a dissolução do cálcio na solução do solo ou a aplicação de gesso ou outros corretivos torne o uso desta água economicamente viável (RICHARDS, 1954).



**Figura 2** - Diagrama de classificação de água proposta por Richards (1954).

**Fonte:** Cosme (2011)

Considerando a classificação proposta por Richards (1954), Oliveira e Maia (1998), a partir da análise de 625 amostras de água de diversos aquíferos do Rio Grande do Norte, mostrou que a maior incidência com problemas de salinidade, expressa pela sua alta condutividade elétrica e sodicidade, ocorreu nas amostras provenientes dos poços que exploram os recursos do calcário Jandaíra ou dos aquíferos abastecidos diretamente pelo lençol freático.

Oliveira et al. (2013) estudando a qualidade das águas de 18 poços em assentamentos da chapada do Apodi, usaram a mesma classificação e verificaram que todos os poços apresentaram alguma restrição para o uso na irrigação. Entretanto, na maioria dos casos, não comprometeu a sua utilização, recomendando a verificação da sensibilidade da cultura a ser irrigada quanto ao nível de salinidade e sodicidade da água.

### **3.5 Dessalinização de águas subterrâneas salobras**

Uma produção agrícola sustentável e o fornecimento de água potável é o maior desafio das comunidades rurais da região semiárida do Brasil, que são caracterizadas pela escassez de recursos hídricos apropriados para consumo humano. Numa tendência observada há alguns anos, os Governos Federal e Estaduais têm buscado instalar equipamentos de dessalinização das águas salobras subterrâneas, objetivando a geração de água doce para o abastecimento de comunidades mais distantes dos centros urbanos no Nordeste.

A técnica usada para a dessalinização no Nordeste tem sido, predominantemente, o processo de osmose reversa (PORTO; AMORIM; ARAÚJO, 2004). Amorim et al. (2001) atribuem o predomínio da osmose reversa à simplicidade e robustez do equipamento; aos baixos custos de instalação e operação, incluindo o consumo de energia e de mão-de-obra na operação; à capacidade de tratar volumes baixos ou moderados de água bruta; à elevada taxa de recuperação; à continuidade do processo e à excelente qualidade da água tratada.

Diversas comunidades rurais do Oeste Potiguar, são abastecidas com água de concentração elevada de sais (MEDEIROS et al., 2003), a qual é tratada via dessalinização. Para a dessalinização por osmose reversa, dois aspectos são fundamentais, de acordo com Juan (2000): a existência de fonte de energia para vencer o potencial osmótico da água salobra/salina, ou seja, para ‘inverter a direção’ que ocorreria na osmose; e a qualidade da membrana semipermeável que irá separar os sais.

A água se movimenta da condição de maior potencial para a condição de menor potencial, buscando o estado de equilíbrio (LIBARDI, 2005). Quando uma solução diluída é colocada em contato com uma solução concentrada, ocorre a movimentação dos íons em direção à solução diluída e a movimentação de água pura em direção à solução mais concentrada, a este fenômeno se dá o nome de difusão. Quando a difusão se processa por meio de uma membrana semipermeável, que deixa passar a água, mas, não os solutos, chama-se de osmose a saída da água pura em direção à água concentrada (SOARES, 2006).

Independente da eficiência da membrana e da estrutura instalada dos dessalinizadores, o sistema de osmose reversa produzirá sempre a água potável, e também a água residuária (rejeito, salmoura ou concentrado); estimada em aproximadamente 50-60% da água bruta inicialmente tratada por osmose reversa, com concentração de sais superior à salinidade da água original.

No Brasil, o rejeito da dessalinização não está recebendo, na quase totalidade dos casos, qualquer tratamento; mesmo assim, está sendo despejado no solo, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno (PORTO et al., 2001). Assim, a procura por alternativas racionais que viabilizem o reuso de águas residuárias se faz cada dia mais necessária, tanto do ponto de vista ambiental, como do ponto de vista econômico, sobretudo, em regiões áridas e semiáridas onde os recursos hídricos são escassos (BEZERRA, 2009).

Para Mickley (2004), a escolha da melhor opção para se dispor o rejeito da dessalinização deve atender às disponibilidades locais (terra, compatibilidade das águas receptoras e distância), às disponibilidades regionais (geologia, leis estaduais, geografia e clima), ao volume de concentrado, aos custos envolvidos, à opinião pública e à permissibilidade. Riley et al. (1997) consideraram o cultivo de plantas halófitas a melhor opção para dispor o rejeito da osmose reversa. Soares et al. (2006) sugere o uso da água do rejeito para o cultivo de plantas tolerantes à salinidade em recipientes de cultivo, o que minimiza o acúmulo dos sais no ambiente, pois com sua comercialização, estes seriam arrastados com o recipiente de cultivo.

O efluente da dessalinização da água é um rejeito salino que tem maior concentração de sais, em relação à água do poço tubular. Ao depositar o rejeito diretamente no solo, pode contribuir para a elevação da sua salinização e contaminação das águas superficiais, próximas ao local. Porém, há diferentes concentrações de sais no rejeito salino do semiárido nordestino, em função da qualidade de água subterrânea que está sendo explorada, necessitando de estudos e monitoramento destes rejeitos para melhor compreensão dos seus efeitos sobre a qualidade do solo.

### **3.6 Destinação do rejeito salino**

No mundo inteiro, há mais de 14 mil estações de dessalinização que produzem no total mais de 62,8 milhões de metros cúbicos de água por dia de acordo com Henthorne (2009). Das grandes estruturas instaladas no mundo para dessalinização de águas marítimas, a

principal destinação do rejeito é seu retorno ao mar; esta alternativa de disposição seria ideal, considerando-se o poder de diluição dos oceanos, porém, como alertam Hoepner & Lattemann (2002), é conveniente considerar a fragilidade de cada ecossistema.

De uma forma geral, nos países desenvolvidos e quando os dessalinizadores localizam-se no litoral, o rejeito está sendo transportado para os oceanos ou injetado em poços de grande profundidade; todavia, outras alternativas estão sendo estudadas, como o uso do rejeito para cultivo de plantas aquáticas, disposição em bacias de percolação e irrigação de plantas halófitas (Porto et al., 2001).

Segundo Mickley (2004), nos EUA, o rejeito da dessalinização vem sendo despejado principalmente nas águas superficiais (41%), no esgoto (31%) ou injetado em poços profundos (17%). Dentre alternativas, também se dispõe o rejeito na terra (2%) e em tanques de evaporação (2%). As tendências futuras para instalações de grande e médio porte seriam: diminuir as destinações para os rios, para os esgotos e para o solo, e aumentar as destinações para os oceanos. Para instalações de porte pequeno, localizadas no interior do continente, em virtude dos custos, a destinação do rejeito para oceanos e para poços profundos fica inviável economicamente, tendendo ainda, continuar sendo despejados em esgotos, rios e no solo.

Na Califórnia, pesquisas avaliam o uso de rejeito em sistemas construídos para serem o habitat de peixes e plantas, de acordo com Amorim et al. (2004). Dubon & Pinheiro (2001) observaram resultados promissores ao investigar o crescimento da tilápia (*Oreochromis*) em águas de elevada salinidade. Além da piscicultura, a carcinicultura também vem sendo empregada no aproveitamento da água de rejeito. Atualmente um grupo de pesquisa da EMBRAPA investiga a viabilidade de criação de camarão (*Panaeus vannamei*).

No entanto, a opção de construir os tanques de evaporação para o cultivo de peixes, provoca a concentração do rejeito, fazendo concentrar especialmente, elementos como selênio, boro e metais pesados em níveis tóxicos. Esses tanques abrigam, frequentemente, uma cadeia biológica alimentar ativa, a qual, além de concentrar elementos tóxicos em peixes e invertebrados, pode contaminar aves aquáticas (HOTHEM & OHLENDORF, 1989). Considerando que tanques de evaporação podem atrair e interferir a vida animal, mais pesquisas nesse uso devem ser realizadas.

Outra opção para dispor o rejeito da dessalinização é a sua utilização na solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças, já que a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência do potencial mátrico sobre o potencial total da água irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas (SOARES, 2007). Também, a própria estrutura hidropônica funciona como um

sistema de drenagem e, os sais acumulados ao final do cultivo podem ser facilmente descartados para fora do sistema. Assim, os sistemas hidropônicos permitem o uso das águas de rejeito dos dessalinizadores, viabilizando uma atividade produtiva geradora de renda para as comunidades rurais com maior segurança ambiental (OLIVEIRA, 2011).

Em grande parte das estações de dessalinização por osmose reversa, instaladas no nordeste brasileiro, não detêm infraestrutura adequada para o manejo do rejeito gerado. Algumas comunidades utilizam o rejeito para matar a sede das pequenas criações de gado, caprinos e ovinos; outras comunidades aproveitam para irrigar pequenas áreas de cultivo, sem qualquer orientação ou acompanhamento técnico, o que pode ser o mais agravante. Para Amorim et al. (2004), a disposição deste rejeito poderá trazer, em curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que se beneficiam da tecnologia de dessalinização. Os pesquisadores alertam que esses rejeitos possuem potencial para contaminar mananciais, solo e até a fauna e flora da região, alertando que os sais depositados na superfície do solo, além de contaminarem mananciais subterrâneos, poderão ser transportados pela ação dos ventos ou pela água de escoamento superficial e atingir corpos d'água superficiais e áreas próximas.

Os dados obtidos por Amorim et al. (1997) indicam que em Petrolina-PE, na Comunidade de Rajada, a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE) alcançou valor maior que  $2 \text{ dS m}^{-1}$  e a percentagem de sódio trocável (PST) já atingiu valor maior que 15%, nos primeiros 30 cm do solo, nos locais onde os rejeitos são depositados. Porto e Amorim (2001) em estudo com o objetivo de reduzir os impactos causados pela dessalinização de água salobra proveniente do cristalino no trópico semiárido brasileiro, a atriplex (*Atriplex nurmularia*) foi cultivada durante um ano, nos campos da Estação Experimental da Embrapa Semiárido. As plantas foram irrigadas com rejeito do processo de dessalinização, com concentração salina média de  $11,38 \text{ dS m}^{-1}$ , e cada uma recebeu 75 L de água por semana, durante 48 semanas. A salinidade média do perfil de solo, na camada de 0 a 90 cm, era de  $0,64 \text{ dS m}^{-1}$  antes de se iniciar a irrigação das plantas; depois da colheita das plantas, a salinidade do mesmo perfil de solo foi de  $12,74 \text{ dS m}^{-1}$ .

O sódio dos sais, por exemplo, poderá substituir o cálcio nos sítios de troca de cátions, causando a dispersão dos colóides do solo, contribuindo para redução da sua condutividade hidráulica. Segundo Dias e Blanco (2010), a vegetação da área seria prejudicada devido à deterioração das características físico-químicas dos solos e aos efeitos negativos dos sais sobre a fisiologia das plantas.

A escolha do local mais adequado para destinação do rejeito salino está relacionada, entre outros fatores, às disponibilidades locais de terra, compatibilidade de águas receptoras e

a distância. A nível regional pode se considerar a geologia, a legislação estadual, a topografia, o clima, além do volume do rejeito, custos do tratamento e a questão social (SOARES, 2007).

Segundo levantamentos pelas Secretarias de Recursos Hídricos da região nordeste brasileiro, estima-se em mais de 3000 equipamentos instalados, onde somente na região oeste potiguar estão cadastrados 70 unidades, gerando um volume considerável de efluentes. Semelhante ao que acontece no restante do país, a dessalinização das águas salobras é realizada em equipamentos de pequeno porte e o rejeito, geralmente, não recebe tratamento sendo depositado no solo (AMORIM et al., 2004).

### **3.7 Salinidade dos solos**

De acordo com a FAO (2006), a salinidade é um problema que atinge cerca de 50 dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre, trazendo sérios prejuízos para a produção agrícola, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada já se encontram salinizados. No Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares são afetados pela presença de sais, cobrindo sete estados, sendo o estado com maior área o da Bahia, em torno de 45% do total, seguido pelo estado do Ceará, com 25% da área total do País (GHEYI; FAGERIA, 1997).

A salinização dos solos pode sobrevir pelo processo natural, assim como também pelo processo induzido. O natural acontece em áreas onde o déficit hídrico não beneficia a lixiviação, e se intensifica a evaporação, principalmente nas regiões de clima árido e semiárido. Esse processo é resultante do intemperismo, que promove a fragmentação e decomposição das rochas, podendo cooperar para o escoamento superficial e subterrâneo da solução do material intemperizado, em movimento das encostas para as planícies carreando os sais solubilizados das rochas; este material se acumula nos terrenos onde a drenagem é insuficiente e ocorre o aumento da concentração por causa da evaporação da água (BASTOS, 2004).

No processo induzido, em decorrência da ação do homem, está ligado, sobretudo ao manejo inadequado da irrigação e/ou drenagem, ou até mesmo ausência de drenagem, dos solos, especialmente nas regiões áridas e semiáridas, com uso de águas com elevada salinidade ou aplicação de lâminas excessivas, favorecendo o acúmulo de sais após a evaporação na superfície e após a ascensão capilar e evapotranspiração na zona radicular (BASTOS, 2004).

O acúmulo de sais no solo depende da qualidade da água de irrigação, das propriedades físicas do solo e, principalmente, das condições de drenagem e do balanço de água e de sais no subsolo (DIAS, 2003).

Os sais exercem efeitos gerais e específicos nas plantas e influenciam seu crescimento e produção, além disso, afetam também as propriedades físico-químicas dos solos que, por sua vez, abalam a adequabilidade desses solos, como meio de crescimento para as plantas. O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre, basicamente, pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila.

A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando úmida e a contração quando seca, devido ao excesso de sódio trocável. Se a expansão for exagerada, poderá ocorrer a fragmentação das partículas, causando a dispersão da argila e modificando a estrutura do solo. De modo generalizado, os solos sódicos, ou seja, com excesso de sódio trocável, apresentam problemas de permeabilidade e qualquer excesso de água causará encharcamento na superfície do solo, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das plantas, por falta de aeração (DIAS & BLANCO, 2010).

Para compreender como as fracas propriedades físicas dos solos sódicos são desenvolvidas, é necessário observar os mecanismos associados, envolvendo as argilas coloidais do solo negativamente carregadas, a matéria orgânica do solo e a camada de cátions adsorvidos, associada eletrostaticamente ao redor dos colóides e o modo como o sódio trocável, a concentração eletrolítica e o pH afetam esta associação. Os cátions estão sujeitos a dois processos opostos: I) são atraídos pelas forças eletrostáticas das superfícies da argila e da matéria orgânica, negativamente carregada; II) tendem a difundir-se para longe dessas superfícies, onde sua concentração é elevada, para o volume da solução onde sua concentração é normalmente mais baixa. Os dois processos resultam em uma queda exponencial da concentração dos cátions no sentido das superfícies argilosas ao volume da solução. Cátions divalentes, como cálcio, são atraídos pela superfície carregada negativamente, com força duas vezes maior que a dos cátions monovalentes como o sódio. Deste modo, a camada é igualmente comprimida por aumento da concentração eletrolítica da solução, já que a tendência do cátion em difundir-se para longe diminui com a redução do gradiente de concentração (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Os agregados do solo são diminuídos quando a camada de cátions se expande (com relação à superfície da partícula) e aumentam quando ela é comprimida. Quanto maior a compressão da camada de cátions contra a superfície da partícula, menor a sobreposição das camadas e menor a repulsão entre as partículas adjacentes para determinada distância. Desta

forma, as partículas podem aproximar-se uma das outras mais fortemente, permitindo que as forças adesivas prevaleçam e formem agregados (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

A solução do solo na camada superior é semelhante a da água de infiltração e a percentagem de sódio trocável apresenta valor próximo à pré-existente no solo. Em razão de grande parte da água que entra no solo passar através da superfície do mesmo, por estar mais sujeito a perdas por agregação, as propriedades da camada superior do solo influenciam fortemente a velocidade de infiltração da água. Estas observações, juntamente com o conhecimento dos efeitos dos processos distribuídos, explicam porque problemas de permeabilidade e condutividade hidráulica devem ser avaliados em termos tanto de salinidade da água infiltrada como da percentagem de sódio trocável e do pH da camada superior do solo (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Dentre tantos motivos, tornam-se imprescindíveis investigações sobre aplicação das águas salobras e residuárias do processo de dessalinização, pois a sua utilização indiscriminada pode salinizar os solos, agravando os problemas de desertificação (DIAS et al., 2010).



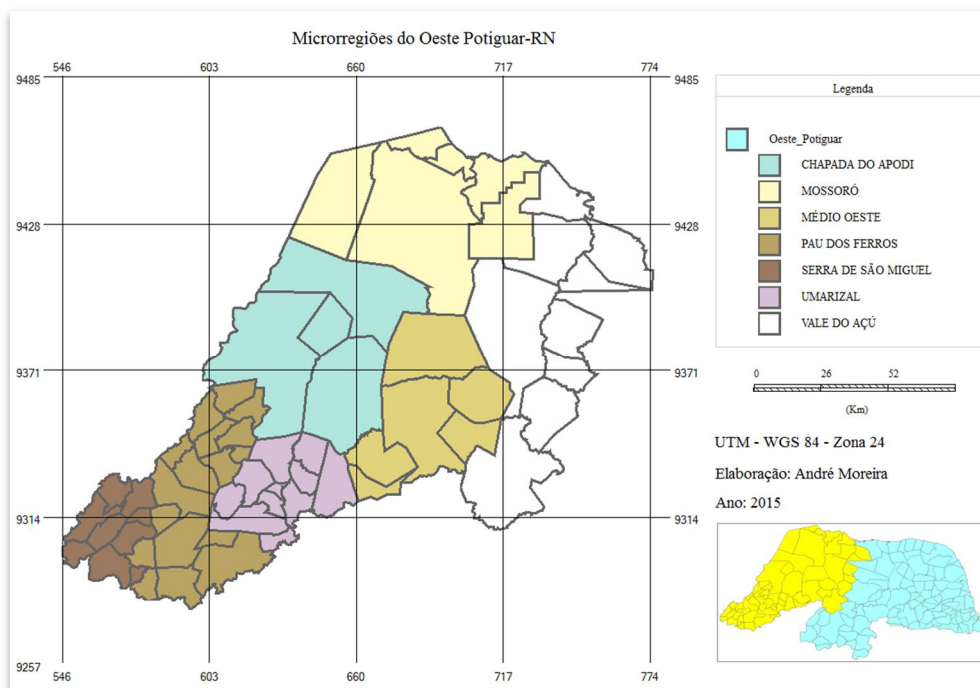
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área do estudo

O clima predominante da região Oeste Potiguar, segundo classificação de Köppen é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono, levando a dois períodos distintos: um de chuvas, denominado de inverno, com duração aproximada de 4 meses, e outro de estiagem, nos oito meses restantes. O período de chuvas se situa comumente entre os meses de fevereiro e maio, sendo os meses de março e abril os de maior precipitação e os demais secos. A temperatura média anual dos municípios é em torno de 27-29 °C e precipitação pluvial aproximadamente de 550-750 mm.

A área abrange características de paisagem e clima similares, com vegetação dominante a caatinga hiperxerófila, de natureza mais seca e porte baixo, adaptada a escassez e baixa umidade do ar, o que proporciona revestimento em geral de cor acinzentada e com alta diversidade em tipos de solos.

A coleta das amostras foi realizada no período de 2013 a 2014 em 11 comunidades do Oeste Potiguar (Figura 3) em que, inicialmente, foram identificadas e localizadas as comunidades da região abastecidas com unidades de captação e tratamento de água por dessalinização.



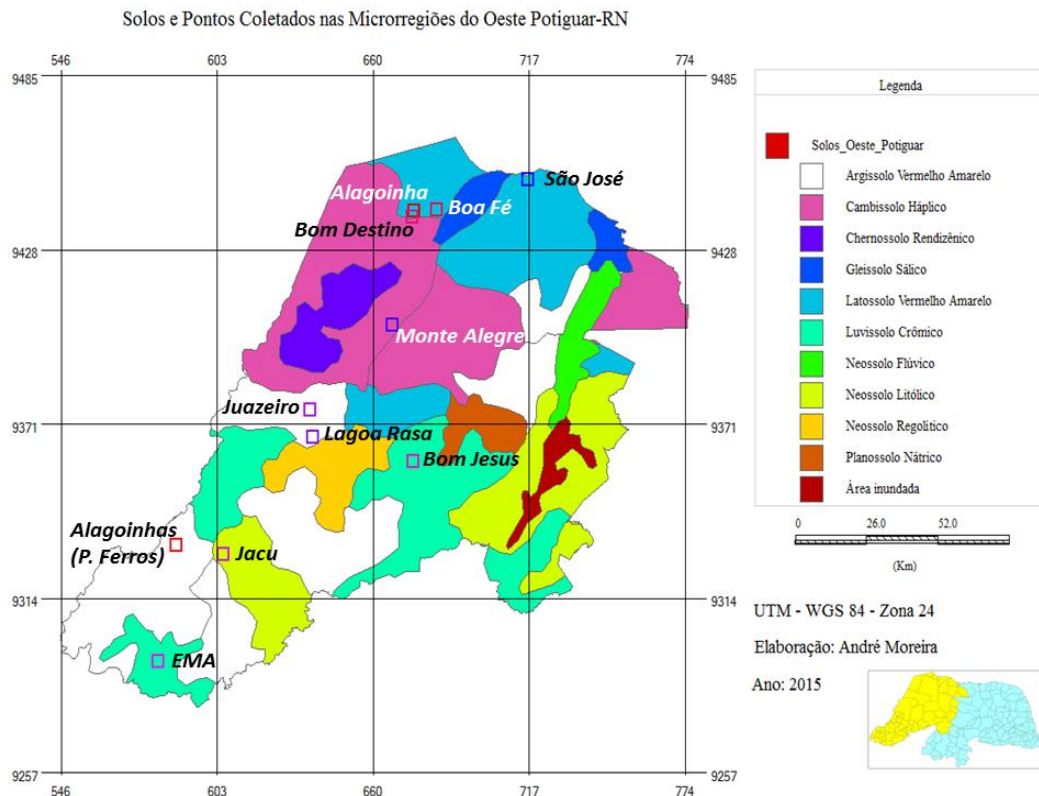
**Figura 3** - Mapa da área experimental.

Fonte: Autor (2016).

O levantamento cadastral das comunidades foi realizado por meios de consulta na Secretária de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH), sendo escolhido um número representativo de comunidades para as coletas de amostra de solo e água para o desenvolvimento da pesquisa. A extensa área com aproximadamente 70 estações de tratamento de dessalinizadores, compreende desde o litoral, na cidade de Areia Branca até o extremo mais ao norte, no município de José da Penha.

Para uma melhor compreensão e minimização de erros e/ou perdas de informações ao longo da pesquisa, foram realizadas visitas exploratórias nas comunidades selecionadas. Na ocasião, realizou-se um diagnóstico participativo da situação atual das estações de tratamentos por osmose reversa, identificando características que permitissem o monitoramento das águas e dos solos receptores, as quais foram: utilização efetiva do dessalinizador; histórico de manutenção (tempo para conserto em situações de quebra); se a área de despejo era sempre a mesma e qual a destinação adequada do rejeito salino.

Diante desse levantamento, considerando as características favoráveis ao monitoramento, foram selecionadas comunidades com tipos de solos diversificados e localização geográfica de modo mais distribuído e representativo da região Oeste Potiguar. Nas visitas foram abertas trincheiras nas áreas próximas ao despejo do rejeito para descrição dos perfis do solo, verificando as propriedades morfológicas e horizontes, a fim de confirmar a classificação do mapa do levantamento exploratório do Rio Grande do Norte, realizado pelo IBGE, quanto ao tipo de solo de cada comunidade investigada. Desta maneira, onze comunidades foram identificadas com potencial para participar da pesquisa. As quais estão dispostas em diferentes manchas de solo (Figura 4).



**Figura 4** - Mapa de solos (IBGE) da área experimental, mesorregião do Oeste Potiguar, com a localização dos pontos coletados no início da pesquisa.

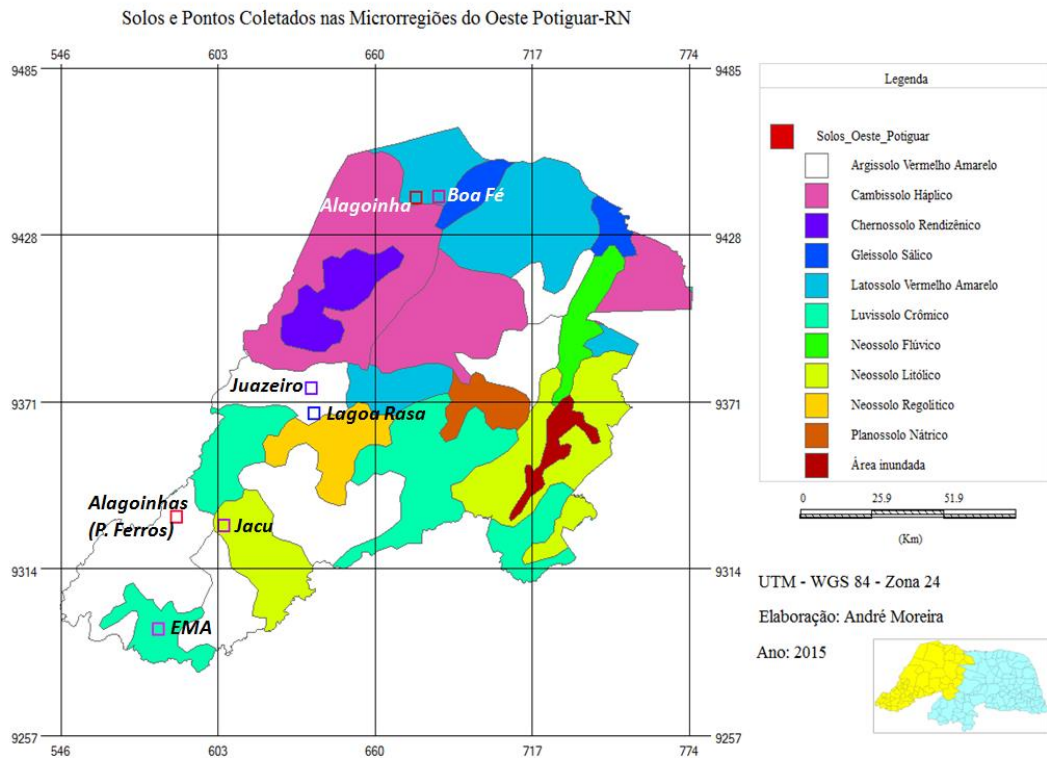
**Fonte:** Adaptado pelo autor de IBGE (2015).

As comunidades rurais selecionadas inicialmente foram: São José – Areia Branca; Boa Fé – Mossoró; Alagoinha – Mossoró; Bom Destino – Mossoró; Monte Alegre – Governador Dix-Sept Rosado; Bom Jesus – Campo Grande; Lagoa Rasa – Apodi; Juazeiro – Apodi; Alagoinhas – Pau dos Ferros; Jacu – Francisco Dantas e Ema – José da Penha. Suas localizações com as coordenadas estão descritas na Tabela 1.

Durante a campanha de coletas nos anos de 2013 e 2014, quatro comunidades foram excluídas do monitoramento, pois passaram a destinar de forma mais eficiente o rejeito ou por outros motivos que impediram de continuar obtendo os dados. A comunidade Bom Destino – Mossoró, passou a utilizar o rejeito em irrigação em cultivares de coqueiro e Bom Jesus – Campo Grande, no cultivo de tilápias em viveiros. Já a comunidade de São José – Areia Branca, passou a ser abastecida por um poço com água potável perfurado pela Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras) e Monte Alegre – Governador Dix-Sept Rosado, ocorreu um problema no motor de bombeamento da água do poço, demorando por alguns meses para efetivar a manutenção.

Assim, as coletas foram realizadas de forma plena em quatro períodos distintos (tópico 4.2) e sem problemas nas estações de dessalinizadores de sete comunidades: Boa Fé – Mossoró; Alagoinha – Mossoró; Lagoa Rasa – Apodi; Juazeiro – Apodi; Alagoinhas – Pau

dos Ferros; Jacu – Francisco Dantas e Ema – José da Penha (Figura 5). Suas localizações com as coordenadas estão descritas na Tabela 1.



**Figura 5** - Mapa de solos (IBGE) da área experimental com a localização dos pontos coletados.

Fonte: Adaptado pelo autor de IBGE (2015).

**Tabela 1** - Localização e coordenadas das comunidades monitoradas.

Comunidade	Latitude	Longitude
Boa Fé	5°03'03.7"S	37°20'12.8"O
Alagoinha - Mossoró	5°03'18.8"S	37°24'54.7"O
Lagoa Rasa	5°43'29.6"S	37°44'53.8"O
Juazeiro	5°43'29.6"S	37°44'53.8"O
Alagoinhas - P. dos Ferros	6°02'47.8"S	38°11'51.9"O
Jacu	6°04'21.6"S	38°02'31.8"O
EMA	6°23'30.9"S	38°15'25.7"O

Fonte: Autor (2016).

Nas visitas foram abertas trincheiras nas áreas próximas ao despejo do rejeito para descrição dos perfis do solo, verificando as propriedades morfológicas e horizontes, a fim de confirmar a classificação do mapa do levantamento exploratório do Rio Grande do Norte, realizado pelo IBGE, quanto ao tipo de solo de cada comunidade investigada. Desta forma,

os solos das comunidades foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) como:

- Boa Fé – Mossoró: *Neossolo Quartzarênico*;
- Alagoinha – Mossoró: *Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico*;
- Lagoa Rasa – Apodi: *Chernossolo Argilúvico*;
- Juazeiro – Apodi: *Neossolo Flúvico*;
- Alagoinhas – Pau dos Ferros: *Neossolo Regolítico*;
- Jacu – Francisco Dantas: *Neossolo Litólico Eutrófico*;
- Ema – José da Penha: *Argissolo Vermelho Eutrófico*.

#### 4.2 Coletas e análises

As coletas de amostras de solo e água foram realizadas em quatro períodos, regularmente a cada três meses em cada área de estudo, de modo a retratar ou abranger todas as estações do ano, verificando as alterações das águas e o efeito direto no solo: P<sub>1</sub> = outubro/novembro (2013) – período seco, praticamente sem chuvas; P<sub>2</sub> = fevereiro/março (2014), início do período chuvoso; P<sub>3</sub> = junho/julho (2014), final do período chuvoso e P<sub>4</sub> = outubro/novembro (2014), fechando o ciclo de doze meses, novamente no período seco.



**Figura 6** - Área de coleta das amostras correspondente ao local de eliminação do rejeito salino na comunidade Monte Alegre (Governador Dix-Sept Rosado, RN).

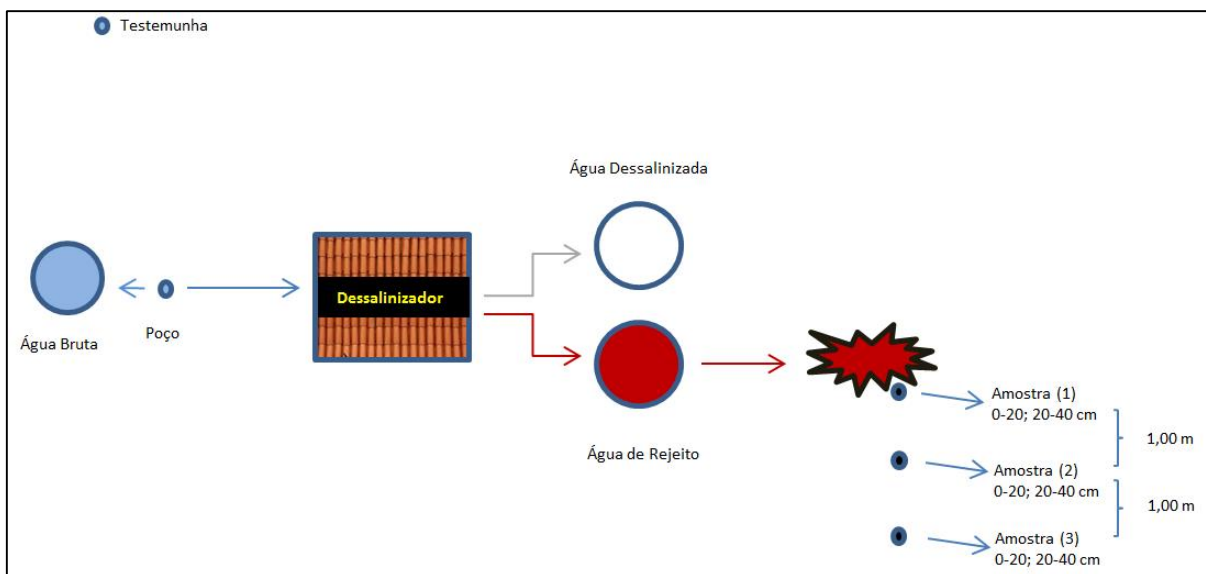
**Fonte:** Autor (2016).

As coletas de água consistiram de três fontes de águas por comunidade: água bruta (poço) – sem qualquer tratamento; água dessalinizada e a água de rejeito salino. Sendo a água



de rejeito a de maior importância nesse estudo, percebendo que o monitoramento das variáveis do solo é em razão de sua disposição direta no mesmo (Figura 6).

As amostras de solos foram coletadas em perfil transversal no local de despejo do rejeito do dessalinizador (ponto 0); a 1,0 m (ponto 1) e a 2,0 m (ponto 2) deste, bem como ainda, uma amostragem em área sem influência do rejeito, solo de mata nativa, considerando esta a testemunha. Em cada ponto, foram coletados solos nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, considerando a predominância da profundidade efetiva dos sistemas radiculares da vegetação da região, associado também ocorrência de solos rasos na região (Figura 7).



**Figura 7** - Esquema da coleta de amostras de solo em diferentes distâncias do ponto de disposição do rejeito e camadas do solo.

Fonte: Autor (2016).

Para as análises químicas do solo, foram coletadas amostras nas camadas descritas com auxílio de trado, tipo holandês, sendo estas acondicionadas em sacos plásticos, identificados com o nome da comunidade, distância do local de despejo do rejeito salino e profundidade.

As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), as quais foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras com abertura de dois milímetros de malha, para retirar as frações > 2,00 mm, obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises.

Foram analisados os seguintes atributos: potencial de Hidrogênio (pH); Condutividade Elétrica (CE) na relação solo-água (1:2,5) correlacionando os valores de leitura em função da umidade de saturação da pasta saturada, conforme características descritas por Richards (1954), para estimar a CE do extrato saturado ( $CE_{es}$ ); teores de P;  $K^+$ ;  $Na^+$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$ ;  $Al^{3+}$ ; acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e, calculados a capacidade de troca

catiônica (CTC), a soma de bases (SB), o valor V% e a Percentagem de Sódio Trocável – PST, usando a equação 2, conforme Donagema et al. (2011).

(Eq. 2)

$$PST = \frac{Na^{\oplus}}{(Ca^{\oplus\oplus} + Mg^{\oplus\oplus} + K^{\oplus} + Na^{\oplus} + H^{\oplus} + Al^{\oplus})} \times 100$$

em que,

$Na^+$  - Concentração de Sódio no solo, em mg/dm<sup>3</sup>;

$Ca^{2+}$  - Concentração de Cálcio no solo, em cmolc/dm<sup>3</sup>;

$Mg^{2+}$  - Concentração de Magnésio no solo, em cmolc/dm<sup>3</sup>;

$K^+$  - Concentração de Potássio no solo, em cmolc/dm<sup>3</sup>;

$H^+$  - Concentração de Hidrogênio no solo, em cmolc/dm<sup>3</sup>;

$Al^{3+}$  - Concentração de Alumínio no solo, em cmolc/dm<sup>3</sup>.

Para classificar os solos afetados por sais, foi utilizada a tabela de classificação proposta por Bohn et al. (1985), conforme Tabela 2, em que considera três parâmetros: Condutividade Elétrica ( $CE_{es}$ ); Potencial de Hidrogênio (pH) e a Percentagem de Sódio Trocável (PST).

**Tabela 2** - Classificação de solos afetados por sais.

Classificação	
Solos normais	$CE < 2^*$
	$PST < 15$
	$pH < 8,5$
Solos salinos	$CE > 2^*$
	$PST < 15$
	$pH < 8,5$
Solos sódicos	$CE < 2^*$
	$PST > 15$
	$pH > 8,5$
Solos salino-sódicos	$CE > 2^*$
	$PST > 15$
	$pH < 8,5$

\*O valor de CE para extrato de pasta saturado, em dS m<sup>-1</sup>.

**Fonte:** Bohn et. al (1985).

O somatório dos cátions no denominador da equação 2, é denominado Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e representa o total de cátions que o solo pode reter na superfície

coloidal. No estudo de solos com problemas de sais, a porcentagem que o sódio representa em relação aos cátions adsorvidos constitui um fator de grande importância, indicando principalmente os efeitos sobre as propriedades do solo.

Com o intuito de discutir de forma mais detalhada a PST, sobretudo em solos com baixa  $CE_{es}$  também foi classificado os solos quanto à sodicidade com os critérios propostos por Massoud (1971), que agrupam as classes de PST conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Classificação dos solos segundo sua porcentagem de sódio trocável (PST)

CLASSE	PST
Não sódicos	< 7
Ligeiramente sódicos	7 – 10
Medianamente sódicos	11 – 20
Fortemente sódicos	21 – 30
Excessivamente sódicos	> 30

Fonte: Massoud (1971).

Para um melhor entendimento da influência do rejeito na qualidade do solo, nas áreas desta pesquisa, foram coletadas amostras para as análises físicas seguindo os procedimentos de Donagema et al. (2011). Assim, coletou-se amostras deformadas nas camadas 0-20 e 20-40 cm de cada ponto nas comunidades. As amostras deformadas coletadas com uso de enxadão e pá-reta em mini-trincheiras destinaram-se para determinação da granulometria, com a finalidade de obter os valores de areia, silte e argila, e assim, classificar a classe textural (Tabela 4).

**Tabela 4** - Caracterização da granulometria e classe textural do solos das comunidades rurais

Comunidade	Camada (cm)	GRANULOMETRIA (g kg <sup>-1</sup> )			CLASSE TEXTURAL
		Areia	Silte	Argila	
Boa Fé (Mossoró)	0-20	940,3	10,3	49,5	Argilo-arenosa
	20-40	890,0	14,7	95,2	Franco-argilo-arenosa
Alagoinha (Mossoró)	0-20	737,4	47,2	215,4	Franco-argilo-arenosa
	20-40	616,4	55,6	328,0	Franca
Lagoa Rasa (Apodi)	0-20	726,0	123,8	150,2	Franco-argilo-arenosa
	20-40	445,3	264,0	290,7	Franco-argilo-arenosa
Juazeiro (Apodi)	0-20	861,0	82,5	56,5	Franco-argilosa
	20-40	822,5	98,7	78,8	Franco-argilo-arenosa
Alagoinha (P. Ferros)	0-20	820,5	103,8	75,7	Argilo-arenosa
	20-40	830,0	81,6	88,4	Argilo-arenosa
Jacu (Fco. Dantas)	0-20	672,3	235,9	91,5	Franco-argilo-arenosa



	20-40	729,4	197,3	73,3	Franco-argilo-arenosa
Ema (J. Penha)	0-20	529,3	196,7	270,4	Argilosa
	20-40	465,3	228,6	306,1	Argilosa

Fonte: Autor (2016).

Coletaram-se, também, amostras para cada tipo de água, em três diferentes locais, nos 4 períodos de coletas para cada comunidade: água do poço, sem qualquer tratamento, comumente conhecida como água bruta (AB); e as duas águas que são produtos da dessalinização, a água dessalinizada (AD) e a água de rejeito da dessalinização (AR).

As amostras das águas foram coletadas após 5 minutos de funcionamento do sistema de dessalinização. As amostras de água foram acondicionadas em garrafas plásticas, opacas, de 500 mL, hermeticamente fechadas, armazenadas em caixa térmica com gelo, a fim de evitar ao máximo a atividade microbológica e em seguida conduzidas para análise laboratorial.

As análises físico-químicas das amostras de água e solo foram realizadas no Laboratório de Solo Água e Planta – LASAP, vinculado ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Mossoró e o Laboratório de Química Geral da UFERSA – *Câmpus* Caraúbas (Figura 8), seguindo a metodologia descrita por Richards (1954) e do Manual de Métodos de Análise de Solo (DONAGEMA, 2011), para água e solo, respectivamente.



**Figura 8** - Análise química do solo no Laboratório de Química Geral – UFERSA (*Câmpus* Caraúbas).

Fonte: Autor (2016)

Nas amostras de água, para fins de irrigação, foram determinados os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica (CE em  $\text{dS m}^{-1}$ ), potencial hidrogeniônico (pH), as

concentrações de Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954). Realizou-se, também, o cálculo da RAS, para classificação das amostras quanto ao risco de sodificação e de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

Para classificar os riscos com problemas de infiltração, foi empregada a classificação proposta por Ayers & Westcot (1999), restringindo-se a três classes de sodicidade, obtidas relacionando-se a RAS com a salinidade da água de irrigação, de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5** - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS ( $\text{mmol L}^{-1}$ )	Classes de Sodicidade		
	Problemas		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Sem	Crescentes	Severos
CE <sub>a</sub> ( $\text{dS m}^{-1}$ )			
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: Ayers & Westcot (1999)

Para a classificação da água quanto ao risco de toxicidade, foram analisados os íons Sódio ( $\text{Na}^+$ ) e Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) proposto por Ayers & Westcot (1999), considerando dois modos de aplicação e três classes (Tabela 6).

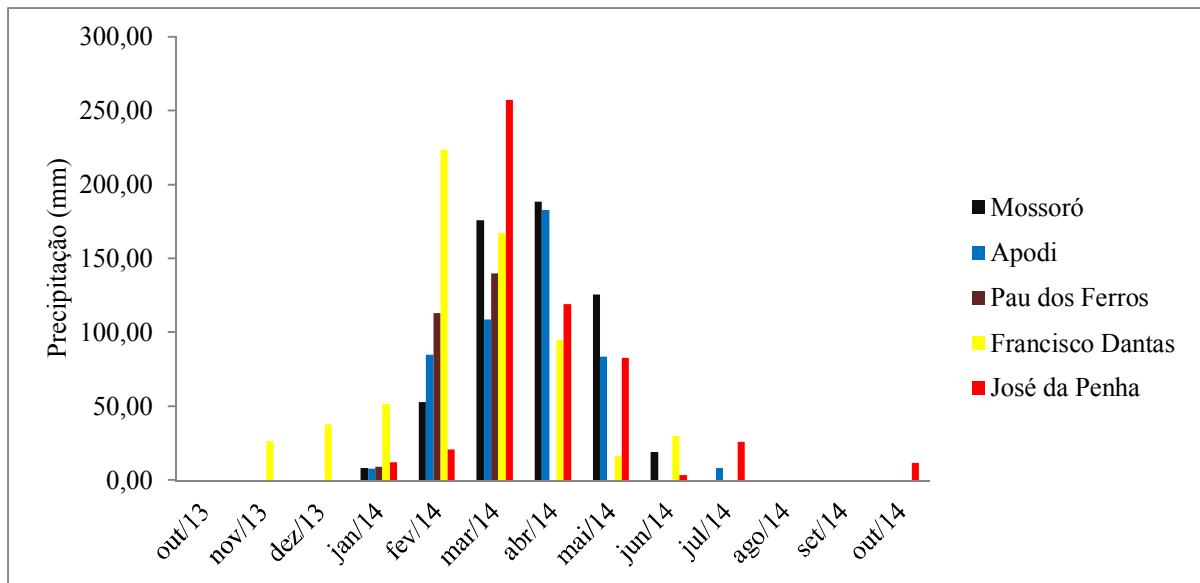
**Tabela 6** - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas.

Íon	Classes de Toxicidade da Água			
	Problema			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	
Sódio ou Cloreto ( $\text{mmol L}^{-1}$ )				
Modo de Aplicação	Irrigação por superfície	< 3	3 - 9	> 9
	Irrigação por aspersão	< 3	> 3	-

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluvial do período estudado, nos municípios que se localizavam as comunidades, foram os coletados pela Empresa de Pesquisa

Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, a fim de contribuir na discussão dos efeitos na lixiviação dos sais nos respectivos períodos (Figura 9).



**Figura 9** - Valores de precipitação (mm) nos períodos de coleta nos municípios onde estão localizadas as comunidades rurais estudadas.

**Fonte:** Adaptado pelo de EMPARN (2014).

### 4.3 Análise e interpretação dos resultados

As águas do poço, dessalinizadas e de rejeito foram classificadas e interpretadas quanto os riscos de salinidade e sodicidade, de acordo com os parâmetros propostos por Richards (1954), utilizando-se um diagrama de classificação para cada tipo de água analisada, com auxílio do software Excel®.

Consideraram-se também, as diretrizes da FAO, para a avaliação da qualidade da água para irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999), especialmente, para os riscos de toxidez de íons específicos das amostras das águas visando sua utilização agrícola e manejo adequado da irrigação.

Para interpretar as principais variáveis do solo dentro dos períodos nas diferentes distâncias e profundidades, bem como, entre os quatro períodos, foi realizado análise de variância, teste F, também com o auxílio do software estatístico R® e a criação dos gráficos com o Excel®. Os valores médios dos tratamentos foram comparados pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

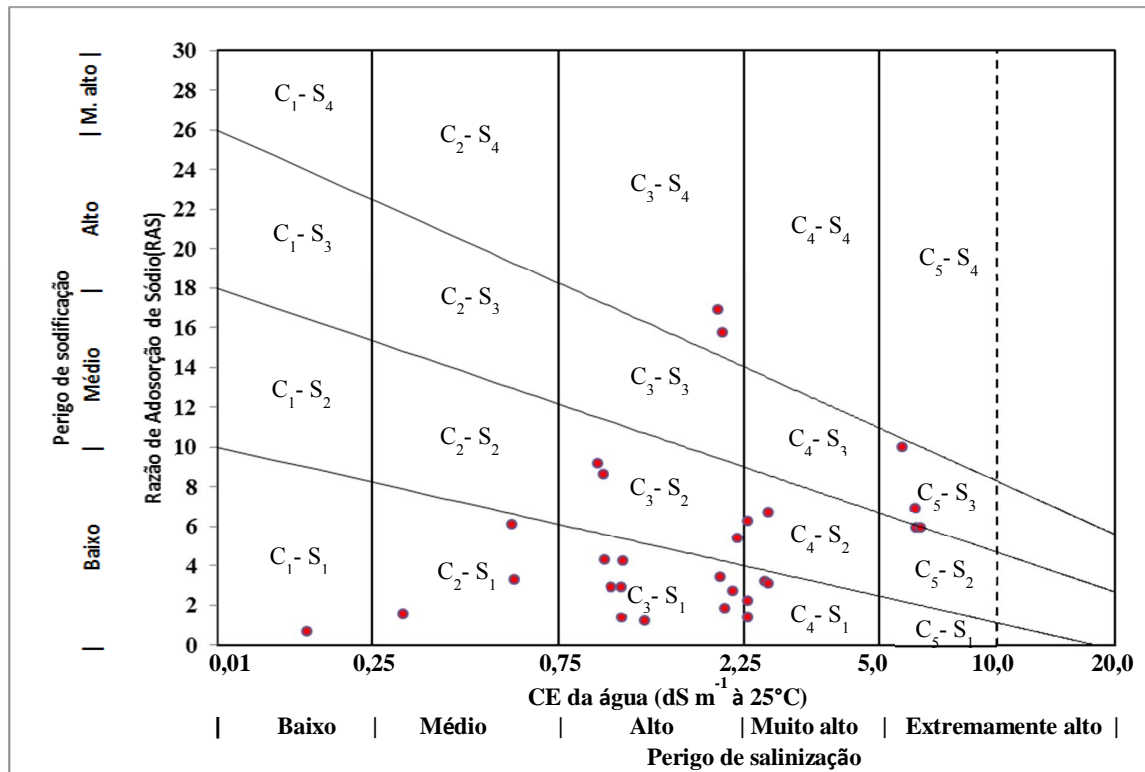
### 5.1 Avaliação da qualidade das águas

#### 5.1.1 Águas brutas (poço)

Os valores encontrados das análises químicas de água bruta dos poços tubulares e classificação do uso da água para fins de irrigação, das diferentes comunidades rurais do oeste potiguar, encontram-se nas Tabelas 7 a 10. Nota-se que, quanto ao risco potencial de salinização do solo pela técnica da irrigação, constatou-se que 49% das águas de poços foram classificadas na classe  $C_3$ , sendo 42% como  $C_3S_1$  e 7% em  $C_3S_2$ . A concentração salina ( $C_3$ ), indica que é uma água com alto teor de sais, sendo necessário o uso de lavagem de manutenção (fração de lixiviação), além do uso de espécies vegetais com maior tolerância a salinidade. 35% das amostras coletadas se classificaram na classe  $C_4$ , o que indica uma água com salinidade muito alta, não sendo adequado para fins de irrigação, exceto para solos com alta permeabilidade, boa lixiviação, aplicação de excesso água e uso de plantas resistentes aos sais.

De acordo com as diretrizes da USSL, indiferente ao período do ano, somada as Classes  $C_3$  e  $C_4$  do total de amostras coletadas, 84% das amostras das águas dos poços apresentam condutividade elétrica superior à  $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ , evidenciando a necessidade de fato, haver dessalinizadores nas comunidades, para, no mínimo, beneficiar o consumo humano (Figura 10). Destaca-se que todas as comunidades monitoradas neste estudo, apresentam um único poço como fonte de água pública e viável para extração.

Conforme a Figura 10, apenas 15% das amostras, aproximadamente, foram classificadas em  $C_1$  (águas de salinidade baixa) ou  $C_2$  (águas de salinidade média) que são consideradas boas para a prática da irrigação, por apresentarem poucas restrições de uso, ou seja, baixo risco de desenvolverem problemas de salinidade.



**Figura 10** - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas brutas das comunidades rurais do Oeste Potiguar nos 4 períodos.

Fonte: Autor (2016)

O período em que os poços obtiveram as águas com maior condutividade elétrica, fator principal na determinação da classe de acordo com diagrama proposto por Richards (1954), foi o período P<sub>2</sub> (final do período seco / início do período chuvoso), em que 5 comunidades - EMA; Boa Fé; Jacu; Juazeiro e Alagoinhas (P. Ferros) – tiveram suas águas brutas classificadas na classe C<sub>4</sub>. Assim como ocorreu o contrário, no período P<sub>3</sub> (final do período chuvoso / início do período seco), onde as águas dos poços apresentaram de uma forma geral, uma condutividade elétrica mais baixa, com 4 poços de comunidades – Lagoa Rasa; Jacu; Juazeiro e Alagoinhas (P. Ferros) – enquadradas nas classes C<sub>2</sub> ou C<sub>1</sub> (Tabelas 8 e 9). Podendo ligar esse fenômeno aos ciclos de recarga e descarga dos mananciais, diluindo e concentrando os sais, proporcionado principalmente pelas chuvas da região (Figura 9).

A armazenagem de água no solo no período chuvoso associado à elevação da evaporação na estação seca promovem uma variação quantitativa e qualitativa no teor de sais das águas com implicações para uso na irrigação, pois sem um manejo adequado, há sérios riscos de salinização de áreas (NUNES FILHO et al., 1991)

A redução da condutividade elétrica da água se deve a diluições dos sais com a recarga de aquífero e lençol freático, provocados pela infiltração das águas no solo durante os

períodos chuvosos. Já nos períodos secos ocorre o inverso, a ausência de precipitação e a adsorção de íons das rochas nos aquíferos aumenta a concentração de sais na água. As rochas e os solos podem apresentar diferenças, mas os principais processos químicos e físicos são os mesmos. Medeiros (1992), estudando as águas utilizadas em pequenas irrigações nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, constatou que existem consideráveis variações nas suas características durante o ano, principalmente naquelas oriundas de poços amazonas e naturais, em leito de rios e pequenos e médios açudes.

Com a elevação de sais nas águas dos poços, há também alteração nas águas produtos da dessalinização por osmose reversa, onde a água dessalinizada, principal produto para as comunidades beneficiadas com o equipamento são para o consumo doméstico, usadas principalmente para beber e cozinhar, reduz a sua qualidade.

O outro produto deste processo, o rejeito da dessalinização, passa a ser ainda mais salino e agressivo quando despejado diretamente no solo. Conforme é verificado nas análises deste estudo nas sete comunidades monitoradas nos 4 períodos, ao comparar os valores da água bruta (Tabelas 7 a 10) com as da água de rejeito (Tabelas 15 a 18), bem como os diagramas, percebe-se que os pontos que representam a água de rejeito (Figura 12) se concentram nas faixas mais elevadas de risco de salinização e de sodificação que os pontos da água bruta (Figura 10).

Dentre as comunidades monitoradas, Boa Fé foi a que apresentou maiores valores de condutividade elétrica das águas de poço, variando entre 5,72 e 6,40 dS m<sup>-1</sup>, o que impede sua utilização, salvo em condições de técnicas de manejo, tais como: mistura de águas e utilização em sistemas hidropônicos. Oliveira (2011) cultivou hortaliças através de sistema hidropônico em fibra de coco, com águas da estação do dessalinizador desta comunidade com poucas perdas de produtividade, evidenciando potencial de utilização destas águas.

**Tabela 7 - Análise química da água bruta no período de outubro e novembro de 2013.**

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----								mg L <sup>-1</sup>	--- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ---				
Lagoa Rasa	7,18	0,99	0,01	6,83	3,50	1,45	3,40	1,40	4,20	4,3	247,5	11,8	9,00	C3S1	S2	T2
EMA	7,49	2,16	0,19	11,29	5,40	3,50	15,20	1,80	7,30	5,4	445	20,4	24,3	C3S2	S1	T3
Alagoinha	7,72	1,09	0,19	2,67	6,00	1,80	6,20	0,40	5,00	1,4	390	10,7	11,6	C3S1	S1	T2
Boa Fé	7,28	6,20	0,11	25,82	29,49	8,71	64,40	1,40	2,20	5,9	1910	64,1	68,0	C4S2	S1	T3
Jacu	7,53	2,54	0,29	8,49	12,55	1,45	23,20	1,00	3,70	3,2	700	22,8	27,9	C4S1	S1	T3
Juazeiro	7,21	2,01	0,40	4,99	10,02	4,98	19,40	0,00	1,50	1,8	750	20,4	20,9	C3S1	S1	T3
Pau dos Ferros	7,38	2,10	0,24	7,44	10,30	5,30	10,60	0,40	3,20	2,7	780	23,3	14,2	C3S1	S1	T3

**Tabela 8 - Análise química da água bruta no período de fevereiro e março de 2014.**

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----								mg L <sup>-1</sup>	---- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ---				
Lagoa Rasa	7,47	1,10	0,39	7,30	3,70	2,30	4,20	0,60	7,70	4,2	300	13,7	12,50	C3S1	S2	T2
EMA	7,39	2,60	2,49	15,14	5,90	4,40	13,20	1,20	13,00	6,7	515	27,9	27,4	C4S2	S1	T3
Alagoinha	7,75	1,25	0,24	2,76	7,30	2,70	7,20	0,40	6,50	1,2	500	13,0	14,1	C3S1	S1	T2
Boa Fé	7,15	6,40	2,03	26,89	33,00	9,00	64,00	0,40	5,00	5,9	2100	70,9	69,4	C4S2	S1	T3
Jacu	6,13	2,60	0,32	8,38	13,00	1,30	23,60	2,00	3,80	3,1	715	23,0	29,4	C4S1	S1	T3
Juazeiro	6,91	2,30	2,49	6,28	13,10	2,90	20,60	0,00	2,30	2,2	800	24,8	22,9	C4S1	S1	T3
Pau dos Ferros	7,25	2,30	2,28	7,56	40,80	21,60	14,20	0,80	8,00	1,4	3120	72,2	23,0	C4S1	S1	T3

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999).

**Tabela 9 - Análise química da água bruta no período de junho e julho de 2014.**

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg L <sup>-1</sup>	Cátions mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	ânions mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidad <sup>3</sup>
Lagoa Rasa	7,38	0,58	0,26	5,05	3,10	1,60	3,80	0,50	7,60	3,30	235,00	10,00	11,90	C2S1	S2	T2
EMA	7,30	1,93	0,61	37,79	4,20	5,80	12,20	0,00	8,90	16,9	500,00	48,40	21,10	C3S4	S2	T3
Alagoinha	7,40	1,09	0,21	5,66	6,00	1,80	6,20	0,40	5,00	2,90	390,00	13,70	11,60	C3S1	S1	T2
Boa Fé	7,30	6,20	0,69	33,18	29,10	17,20	71,40	0,00	3,40	6,90	2315,00	80,17	74,80	C4S2	S1	T3
Jacu	7,00	0,17	0,03	0,71	1,20	1,30	2,40	0,00	0,40	0,64	125,00	3,24	2,80	C1S1	S3	T1
Juazeiro	7,00	0,30	0,24	1,97	1,80	1,50	3,00	0,00	0,50	1,54	165,00	5,51	3,50	C2S1	S2	T1
Pau dos Feros	8,20	0,57	0,37	10,13	2,20	3,30	4,00	0,40	0,30	6,11	275,00	16,00	4,70	C2S1	S2	T2

**Tabela 10 - Análise química da água bruta no período de outubro e novembro de 2014.**

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza Mg L <sup>-1</sup>	Cátions mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	ânions mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidad <sup>3</sup>
Lagoa Rasa	7,50	0,95	0,09	13,42	3,20	1,10	4,40	0,10	7,60	9,15	215	17,81	12,10	C3S2	S2	T3
EMA	7,50	1,98	0,67	35,72	4,60	5,70	12,80	0,10	9,30	15,74	515	46,69	22,20	C3S4	S2	T3
Alagoinha	7,15	1,03	0,21	5,70	5,90	1,70	6,10	0,10	5,00	2,90	390	13,50	11,80	C3S1	S1	T2
Boa Fé	7,16	5,72	0,81	55,01	36,50	24,50	66,00	0,00	4,30	9,96	3050	116,83	70,30	C4S3	S1	T3
Jacu	7,10	2,30	0,70	20,49	15,00	6,50	22,00	0,00	3,70	6,25	1075	42,68	25,70	C4S2	S1	T3
Juazeiro	7,08	1,95	0,93	11,46	14,00	8,50	30,00	0,00	2,80	3,42	1125	34,90	32,80	C3S1	S1	T3
Pau dos Feros	7,47	0,98	0,59	15,72	2,40	4,30	4,60	0,40	4,60	8,59	335	23,01	9,60	C3S2	S2	T3

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSS (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999).



Verificando o potencial hidrogeniônico (pH) das águas brutas de todas as comunidades nos 4 períodos, constatou-se que 86% das amostras tiveram valores de pH entre 7,00 e 7,50 (neutro à moderadamente alcalino). De acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005 estes valores de pH estão nas condições e padrões para consumo humano, em que permite variação entre 6,0 e 9,0. Segundo Ayers e Westcot (1991), os valores do pH observados durante o monitoramento, encontram-se dentro da faixa de normalidade, para fins de irrigação (6,5 a 8,5), ressaltando-se que a água pode ser utilizada, sem restrição em sistemas de irrigação, devido à baixa amplitude desses índices, evitando riscos de desequilíbrio nutricional às culturas.

De acordo com a classificação para riscos de problemas de infiltração nos solos causados pela sodicidade da água, proposto por Ayers & Westcot (1999) (Tabela 5), 64% das amostras de água bruta foram classificadas como S<sub>1</sub>, ou seja, sem riscos de problemas de infiltração. Mesmo com parte das amostras apresentando elevados valores de RAS, ainda assim se enquadraram na classe sem risco. Isto se deve a CE<sub>a</sub> da água com maior valor, pois os sais da solução do solo tem um efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio trocável. Dessa forma, para uma mesma RAS o risco de sodicidade será menor quanto maior for a CE<sub>a</sub> (HOLANDA, 1996).

Considerando as demais amostras, 9% foram classificadas em S<sub>2</sub>, o que caracteriza com riscos crescentes de infiltração no solo, necessitando de um manejo criterioso no uso destas águas a fim de evitar problemas de difícil reparação, como o encrostamento superficial do solo. Destaca-se as águas do poço da comunidade de Lagoa Rasa no município de Apodi, que durante toda a campanha de coletas, teve suas águas classificadas como S<sub>2</sub>, embora tenha oscilado significativamente os sais da água.

O período de coletas nos meses de Junho e Julho (P<sub>3</sub>) foi o que obteve o maior número de amostras qualificadas com riscos de sodicidade, exceto para as comunidades de Alagoinha e Boa fé, comunidades pertencentes ao município de Mossoró, ambas por terem mantido a condutividade elétrica da água semelhante em todos os períodos, inibindo o efeito da RAS que oscilou nos diferentes períodos.

Na comunidade de Jacu, no período P<sub>3</sub>, a amostra de água do poço foi classificada como S<sub>3</sub>, isto é, de risco severo para problemas de infiltração, ainda que com RAS mais baixa (0,64) entre as comunidades estudadas. Justificando esta classificação pela também baixa CE<sub>a</sub>, a qual fortalece a ação do sódio como agente dispersante nas micelas do solo quando depositada no sistema solo.

Quanto à classificação da água para o risco de toxicidade pelas concentrações de íons de sódio ou cloreto, proposto por Ayers & Westcot (1999) (Tabela 6), 64% das amostras de água bruta foram classificadas como T<sub>3</sub>, de risco severo de toxicidade às plantas, seja por sistema de irrigação por superfície ou por aspersão, o que proporcionaria grandes perdas na produtividade ou até mesmo morte das plantas a depender da tolerância da cultura. As comunidades de Boa Fé e Ema obtiveram suas águas com essa classificação para todos os períodos do ano, com elevados níveis de sódio e cloreto, sendo a água bruta destas respectivas comunidades consideradas inaptas para o uso via sistema de irrigação em plantas. Apesar dos poços das comunidades rurais pesquisadas neste estudo apresentarem algumas características semelhantes, como a utilização do mesmo aquífero, o Jandaíra, muitos atributos podem torná-los distintos: quantidade de poços perfurados nas imediações; vazão; qualidade no revestimento das paredes do poço; entre outros. Segundo Hirata (2001), a qualidade da água subterrânea pode ser avaliada através da associação de vários fatores intrínsecos, são alguns deles: a forma de ocorrência da água subterrânea (tipo de aquífero); arcabouço litológico que sustenta o aquífero na zona não saturada e a profundidade do nível da água.

Para as demais amostras, 29% se enquadraram na classe T<sub>2</sub>, cujo o risco é moderado para o uso na irrigação por superfície ou aspersão. Apenas 7% do total de amostras não apresentam riscos de toxicidade no uso na irrigação. De um modo geral, a água bruta de todas as comunidades classificou-se com risco moderado ou severo em quase todos os períodos, sendo o período com maior número de restrição o P<sub>4</sub>, com 6 comunidades com águas classificadas com risco severo (T<sub>3</sub>). Esses dados fortalecem a necessidade da implantação de dessalinizadores nas comunidades, se imprópria para o uso em irrigação para cultivo de plantas, ainda mais restrito para o consumo humano.

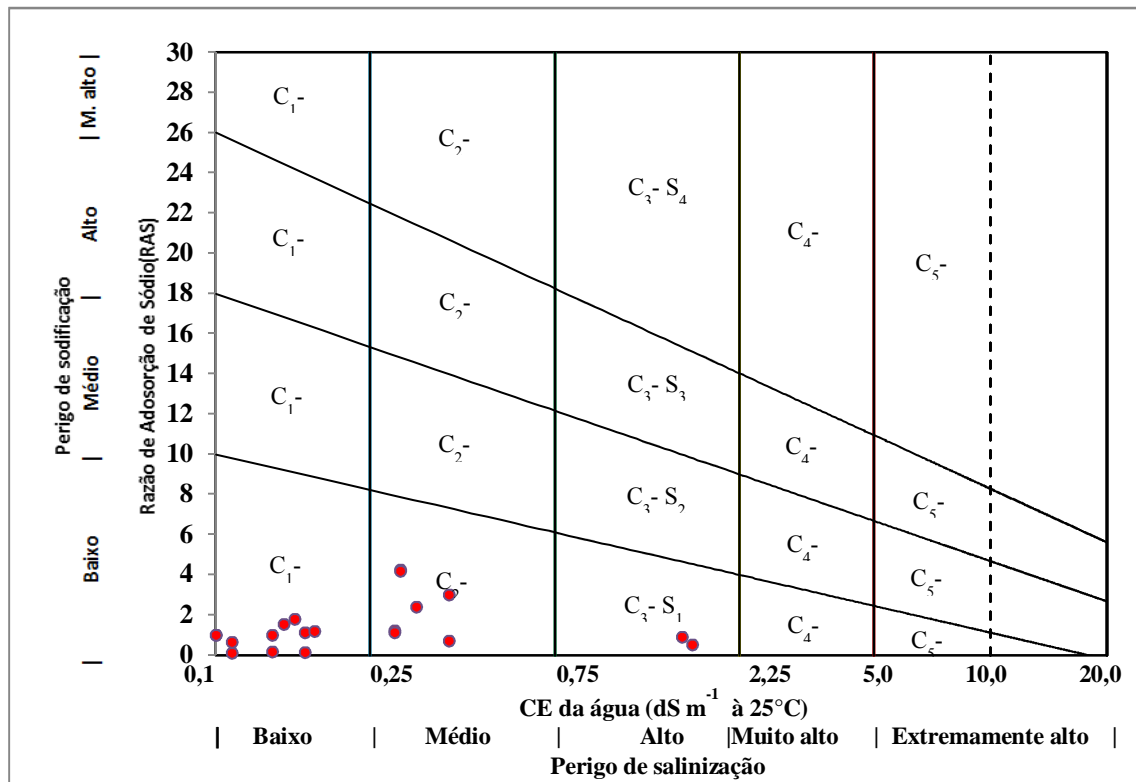
### 5.1.2 Águas dessalinizadas

A dessalinização das águas nas comunidades rurais da região Oeste Potiguar, assim como na grande maioria das comunidades beneficiadas com dessalinizadores no nordeste brasileiro, tem como interesse principal a obtenção de água potável para consumo humano, visando o uso doméstico. Mesmo assim, estas águas podem também ser classificadas quanto sua qualidade para irrigação, visando à possibilidade de sua utilização na agricultura. Este fato é muito comum em vários países do Oriente-Médio como Arábia Saudita e Israel, além da Espanha, onde 22,4% do total de água dessalinizada são usados para agricultura

(BELTRÁN & KOO- OSHIMA, 2006).

Observando o diagrama da USSL evidenciado na Figura 11 para as amostras de água dessalinizadas das comunidades rurais estudadas, verifica-se que os dessalinizadores instalados nas comunidades produzem uma água com concentrações baixas de sais, percebendo que 68% do total das amostras estão na classe de classificação  $C_1S_1$ ; 25% na classe  $C_2S_1$  e; apenas 7% na classe  $C_3S_1$ .

De acordo com esta classificação, 93% das amostras de água dessalinizadas são águas boas para o uso na irrigação, ou seja, praticamente sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade ( $C_1$  e  $C_2$ ). Vale considerar, que mesmo com o processo de dessalinização a condutividade elétrica da água de algumas comunidades foi superior a  $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ , como observado na comunidade Boa Fé, que apenas em um dos períodos apresentou  $CE_a$  abaixo desse valor (Tabelas 11 a 14) .



**Figura 11** - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas de dessalinizadas das comunidades rurais do Oeste Potiguar nos 4 períodos.

Fonte: Autor (2016).

O problema deste dessalinizador nesta comunidade parece ser histórica. Cosme (2011), realizou um estudo nessa comunidade e observou valores de CE da água dessalinizada em  $0,63 \text{ dSm}^{-1}$ , e um elevado valor da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) da água de  $31,15 \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$ , sendo classificada como  $C_2S_4$ . Anders (2013), em sua pesquisa encontrou

valores de  $CE_a$  de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  e RAS de  $0,3 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$  classificando-a em  $C_3S_1$ , alto risco de salinidade e moderada restrição de uso. Neste caso, uma possível ineficiência da membrana seletiva do dessalinizador, pode ser a causa disto, ou mesmo a não realização de manutenção adequada e limpeza periódica das membranas, o que poderia ser melhorado com a redução do intervalo das manutenções.

Comparando-se os quatro períodos estudados, verificou-se que no período  $P_2$  (fevereiro/março), teoricamente, quando iniciam-se as chuvas da região, as análises de água apresentam maiores concentrações de sais, afetando significativamente a classificação e suas restrições de uso. Certamente o lençol freático em que as águas destes poços são capturadas, não teve influência direta das precipitações pluviais, ou seja, ainda não são intensas e nem apresentam volume suficiente para recarga destes mananciais. As exceções foram às águas dessalinizadas das comunidades Lagoa Rasa e Alagoinha, que se mantiveram na classificação de mais baixa salinidade  $C_1S_1$ , com  $CE_a$  de  $0,08$  e  $0,10 \text{ dSm}^{-1}$ ; RAS de  $0,5$  e  $1,0 (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1})^{1/2}$ , respectivamente (Tabela 12).

Verificando o potencial hidrogeniônico (pH) das águas dessalinizadas das comunidades nos 4 períodos, constatou-se que há uma redução de pH para quase todas as amostras quando se compara com as águas brutas em cada respectivo período. Do total das amostras, 46% têm pH abaixo de 7,00, destacando o período  $P_4$  (Tabela 14), em que 6 comunidades tiveram suas águas dessalinizadas moderadamente ácidas, com o menor valor de 5,33 em Lagoa Rasa. Isso certamente colaborado pela redução de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) retidos durante o processo de dessalinização pelas membranas.

De acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005, pH de água abaixo de 6,00 não está nos padrões para consumo humano, precisando de algum tratamento para correção. Neste contexto, os moradores das comunidades monitoradas, em alguns períodos do ano ingerem água imprópria para consumo, considerando que a água dessalinizada não passa por nenhum tratamento após o processo de dessalinização.

**Tabela 11 - Análise química da água dessalinizada no período de outubro e novembro de 2013.**

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> -----						mg L <sup>-1</sup>		----- mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> ----					
Lagoa Rasa	6,85	0,01	0,00	0,19	0,05	0,03	0,60	0,00	0,10	0,9	4	0,3	0,7	C1S1	S3	T1
EMA	7,66	0,10	0,00	0,40	0,10	0,20	0,60	0,00	0,30	1,0	15	0,7	0,9	C1S1	S3	T1
Alagoinha	7,52	0,17	0,02	0,67	0,30	0,40	0,80	0,00	0,70	1,1	35	1,4	1,5	C1S1	S3	T1
Boa Fé	7,36	0,33	0,02	1,50	0,36	0,44	2,00	0,00	0,20	2,4	40	2,3	2,2	C2S1	S2	T1
Jacu	7,44	0,29	0,02	0,70	0,22	0,48	1,00	0,00	0,30	1,2	35	1,4	1,3	C2S1	S2	T1
Juazeiro	6,98	0,14	0,02	0,32	0,10	0,10	0,80	0,00	0,30	1,0	10	0,5	1,1	C1S1	S3	T1
Pau dos Ferros	7,22	0,16	0,02	0,58	0,20	0,00	0,60	0,00	0,10	1,8	10	0,8	0,7	C1S1	S3	T1

**Tabela 12 - Análise química da água dessalinizada no período de fevereiro e março de 2014.**

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> -----						mg L <sup>-1</sup>		----- mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> --					
Lagoa Rasa	7,00	0,08	0,39	0,15	0,05	0,15	0,20	0,00	0,40	0,5	10	0,7	0,6	C1S1	S3	T1
EMA	6,44	1,60	2,03	0,40	0,30	0,10	0,60	0,00	0,90	0,9	20	2,8	1,5	C3S1	S1	T1
Alagoinha	7,15	0,10	0,39	0,66	0,60	0,20	0,80	0,00	0,90	1,0	40	1,8	1,7	C1S1	S3	T1
Boa Fé	7,00	0,40	0,95	2,02	0,70	0,20	2,20	0,00	1,00	3,0	45	3,9	3,2	C2S1	S2	T1
Jacu	6,44	0,29	0,02	0,70	0,50	0,30	2,00	0,00	0,30	1,1	40	1,5	2,3	C2S1	S2	T1
Juazeiro	6,72	1,70	0,39	0,23	0,20	0,20	0,80	0,00	1,00	0,5	20	1,0	1,8	C3S1	S1	T1
Pau dos Ferros	7,03	0,40	0,44	0,66	1,40	0,60	2,00	0,00	0,60	0,7	100	3,1	2,6	C2S1	S2	T1

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999).

**Tabela 13** - Análise química da água dessalinizada no período de junho e julho de 2014.

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----					mg L <sup>-1</sup>	---- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ----							
Lagoa Rasa	6,70	0,03	0,21	0,26	0,10	0,10	0,60	0,00	0,10	0,80	10,00	0,70	0,70	C1S1	S3	T1
EMA	7,30	0,07	0,03	0,35	0,30	1,40	1,20	0,00	0,30	0,38	85,00	2,09	1,50	C1S1	S3	T1
Alagoinha	7,20	0,11	0,03	0,67	0,50	1,70	1,00	0,00	0,60	0,64	110,00	2,90	1,60	C1S1	S3	T1
Boa Fé	7,00	0,30	0,04	2,84	0,40	0,50	4,20	0,00	0,20	4,23	45,00	3,78	4,40	C2S1	S3	T2
Jacu	8,20	0,14	0,10	0,11	0,90	0,10	1,60	0,40	0,50	0,15	50,00	1,21	2,50	C2S1	S3	T1
Juazeiro	6,80	0,07	0,02	0,53	0,30	0,90	1,20	0,00	0,40	0,69	60,00	1,75	1,60	C1S1	S3	T1
Pau dos Ferros	7,00	0,11	0,05	0,08	0,80	1,20	0,80	0,00	0,90	0,08	100,00	2,13	1,70	C1S1	S3	T1

**Tabela 14** - Análise química da água dessalinizada no período de outubro e novembro de 2014.

Localidade	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
	(água)	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----					mg L <sup>-1</sup>	---- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ----							
Lagoa Rasa	5,33	0,03	0,00	0,18	0,10	0,20	0,80	0,00	0,40	0,46	15,00	0,48	1,20	C1S1	S3	T1
EMA	6,97	0,08	0,02	0,48	0,30	1,00	1,40	0,00	0,50	0,60	65,00	1,80	1,90	C1S1	S3	T1
Alagoinha	6,80	0,15	0,03	0,83	0,40	0,20	1,60	0,00	0,70	1,52	30,00	1,46	2,30	C1S1	S3	T1
Boa Fé	6,53	0,30	0,03	2,08	0,20	0,30	3,20	0,00	0,30	4,16	25,00	2,61	3,50	C2S1	S3	T2
Jacu	5,90	0,18	0,03	0,90	0,90	0,30	2,60	0,00	0,50	1,17	60,00	2,13	3,10	C1S1	S3	T1
Juazeiro	5,95	0,06	0,03	0,39	0,30	0,20	1,40	0,00	0,30	0,78	25,00	0,92	1,70	C1S1	S3	T1
Pau dos Ferros	7,03	0,17	0,05	0,08	0,90	0,10	1,20	0,00	0,90	0,12	50,00	1,13	2,10	C1S1	S3	T1

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSS (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999).

Ressalta-se que, apesar da maioria das águas tratadas por osmose reversa estarem suscetíveis para uso na irrigação, no entanto, devido a escassez de água potável nas comunidades e, considerando que há apenas um único dessalinizador para abastecer várias famílias, cada família beneficiada tem cota que varia entre 30 a 80L dia, dependendo da vazão do poço e do número de famílias beneficiadas, o que inviabiliza economicamente seu uso para irrigação.

No entanto, avaliando a RAS e a  $CE_a$  para riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água, proposto por Ayers & Westcot (1999), percebe-se que há riscos severos ( $S_3$ ) para 75% das amostras coletadas, 18% riscos crescentes e apenas 7% sem riscos. O elevado número de amostras com riscos severos ou crescentes é resultante da baixa condutividade elétrica da água, que permite uma maior ação do sódio (RAS) quando há baixa quantidade de outros sais na água ao serem aplicados no solo.

Verificando os níveis dos íons de sódio e cloreto das amostras de água dessalinizada, do ponto de vista dos riscos de toxicidade às plantas, conforme também Ayers & Westcot (1999), para uso na irrigação (superfície ou aspersão), 93% das amostras não apresentam nenhum risco de toxicidade ao serem usadas por essas técnicas de irrigação e apenas 7% apresentam risco moderado.

De uma forma geral, isto evidencia a eficiência das membranas das comunidades, produzindo água de boa qualidade para vários fins, principalmente para consumo humano, considerando que as águas dessalinizadas estão dentro dos limites de cloreto recomendado pelo resolução do CONAMA nº 357/2005, cujo limite é de  $250 \text{ mg L}^{-1}$ . Porém, considerando o aspecto do risco de sodicidade do solo, citado anteriormente, devendo-se utilizar com técnicas adequadas as particularidades locais, caso seja usado via irrigação, como a fertirrigação.

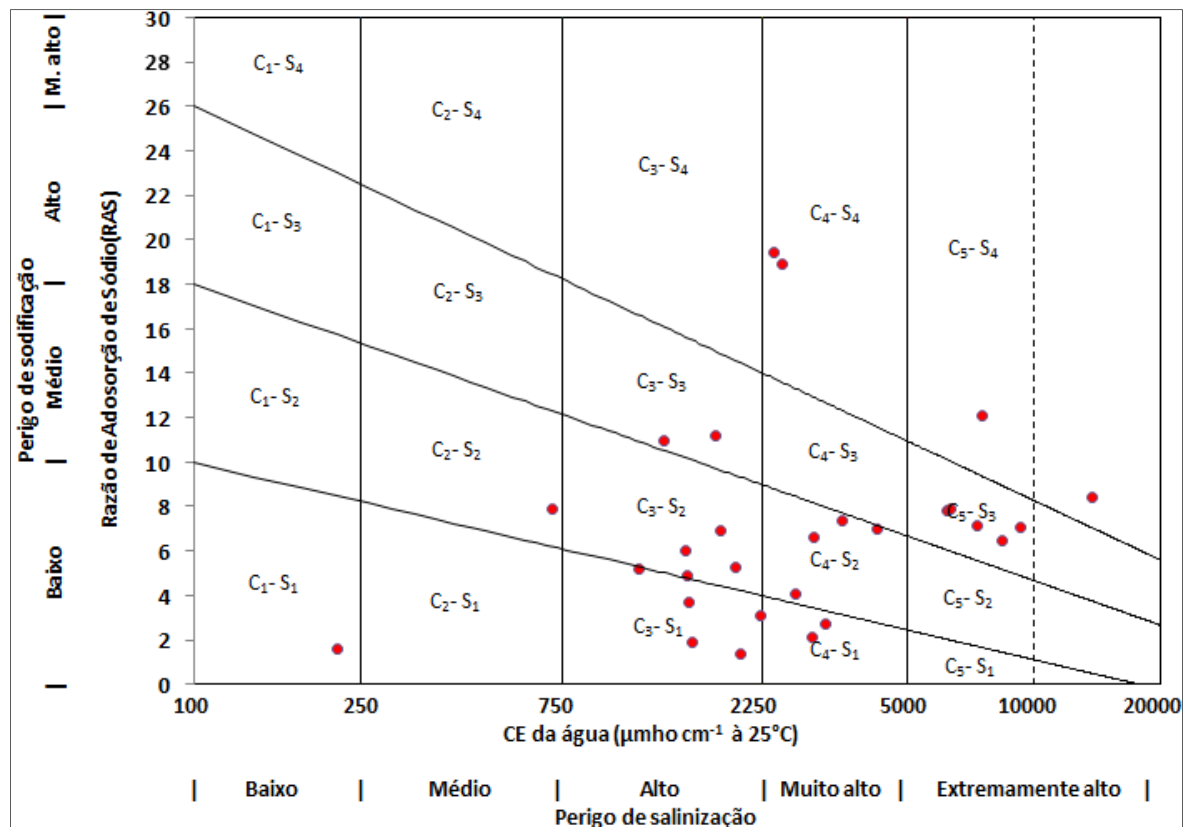
### 5.1.3 Águas de rejeito

De conformidade com os resultados das análises químicas e os correspondentes limites de classificação, as classes de águas para a irrigação ficaram assim definidas para as amostras de água de rejeito das comunidades ao longo dos períodos (Tabelas 15 a 18). Na Figura 12, pode-se observar que as águas de rejeito da dessalinização das comunidades, em sua maioria, obtiveram classificações semelhantes com as das águas dos poços (bruta). Com relação à salinidade, 93% das amostras de água de rejeito se classificaram como  $C_3$  ou  $C_4$ , ou

seja, praticamente todas as comunidades tiveram seus rejeitos classificados dentro dessas duas classes, exceto no período P<sub>3</sub> (junho/julho), em que Jacu e Alagoinha (Pau dos Ferros), classificaram-se com C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>, respectivamente.

Cosme (2011) em sua pesquisa encontrou classificação das águas de rejeito semelhantes à deste trabalho, em que mais de 90% das amostras de água de rejeito dos poços das comunidades rurais do município de Mossoró-RN, se enquadravam nas classes C<sub>3</sub> ou C<sub>4</sub>. Para Anders (2013), das amostras de rejeito analisadas, 60% apresentaram risco de salinização do solo por irrigação muito alto C<sub>4</sub>, água não apropriada para irrigação em condições normais, podendo ser usada em condições especiais de solos com boa drenagem, desde que se aplique lâmina de lixiviação adequada e uso de culturas tolerantes a sais (ALMEIDA, 2010). Os 40% restantes, ficaram na classe C<sub>3</sub>, com risco alto de contaminação do solo por excesso de sais solúveis.

Segundo Almeida (2010) esta água não pode ser usada em solos que tenham drenagem deficiente e mesmo em solos com boa drenagem pode necessitar de práticas especiais para controle da salinidade, sendo indicado uso de espécies bastante tolerante a sais.



**Figura 12** - Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação das águas de rejeito das comunidades rurais do oeste potiguar nos 4 períodos.

Fonte: Autor (2016)



As comunidades EMA e Boa Fé tiveram suas águas de rejeito em todos os períodos de coleta classificadas na classe C<sub>4</sub> (Tabelas 15 a 18). A condutividade elétrica média destas águas, considerando os 4 períodos, foram de aproximadamente de 2,84 e 8,14 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores indicam que, para cada litro de rejeito despejado no solo estão sendo colocados cerca de 1,8g e 5,2g de sais, respectivamente. Para se ter uma ideia, de um modo geral, a quantidade de sais depositada no solo da região Médio Oeste Potiguar, pelo processo de dessalinização, considerando apenas o período P<sub>2</sub> (fevereiro/março), a CE<sub>a</sub> média das comunidades neste período foi de 5,7 dS m<sup>-1</sup>, isto é, 3,6g de sais por litro, aproximadamente. O impacto que essas águas causam no solo, sem qualquer controle ou manejo para mitigar seus efeitos, tornará muito em breve os solos receptores destas comunidades desertificados pelo processo evolutivo da salinização.

Como alternativa para disposição do rejeito salino, esta fonte hídrica pode ser utilizada em tanques de criação de tilápias, cultivo de hortaliças e plantas fitorremediadoras no intuito de minimizar os riscos ambientais da disposição direta no solo e também torna-la útil como alternativa a escassez de água. Souza et al (2015) utilizando água de rejeito salino em várias espécies de hortaliças, conseguiram produção com perdas variando de 25,30 a 11,04% em relação aos sistemas de irrigação convencionais (água doce).

As águas dos poços das comunidades apresentaram alterações significativas das variáveis ao longo dos períodos (Tabelas 7 a 10) estando correlacionado com os dados médios de precipitação pluvial das respectivas regiões (Figura 9), ao mesmo tempo que as águas de rejeito obtiveram comportamento semelhante (Tabelas 15 a 18). Esse comportamento é coerente, visto que o processo de dessalinização deve gerar um rejeito proporcional à salinidade da água do poço. Ainda que no intervalo de outubro de 2013, início da campanha de coletas, a outubro de 2014, tenham ocorrido precipitações abaixo das médias anuais dos municípios da região, fato esse que vem ocorrendo há alguns anos, interveio nas características avaliadas das águas, principalmente na Condutividade Elétrica (CE) e Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

De acordo com essa classificação proposta, 71% das amostras de água de rejeito das comunidades monitoradas nessa pesquisa, não apresentam, à princípio, risco de problemas de infiltração (S<sub>1</sub>) caso sejam aplicadas no solo. Esta qualificação deve-se ao fato dessas amostras apresentarem elevada condutividade elétrica pela presença de outros sais diferentes do sódio, que proporcionam floculação das micelas do solo, efeito inverso ao do sódio.

Contudo, deve-se compreender que os riscos não podem ser estimados apenas pelos parâmetros da água, mas também pelas características do solo (classificação textural e classe de solo) e manejo empregado. As demais amostras, 29%, foram classificadas como S<sub>2</sub>, ou seja, de risco crescente, evidenciando dentro desse percentual, a comunidade Lagoa Rasa do município de Apodi, nos períodos P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

Já quanto à toxicidade das águas de rejeito da dessalinização quanto aos íons de sódio ou cloreto, 89% dessas águas qualificaram-se como de risco severo T<sub>3</sub>, se forem aplicadas via irrigação e apenas 11% do rejeito salino classificadas como T<sub>2</sub>, risco moderado. Isto fica visível em simples observação sobre a área de eliminação e influência do rejeito, em que praticamente não há vegetação incidente que tolere condições tão elevadas de estresse salino e toxicidade por àqueles íons.

Ao analisar o potencial hidrogeniônico (pH) do rejeito salino das comunidades nos 4 períodos, verificou-se que quase todas as amostras apresentarem valores acima de 7,00, registrando a exceção, Pau dos Ferros, sendo a mais baixa e a mais alta em Lagoa Rasa, com pH 7,02 e 8,00, respectivamente. Isto é, as águas de rejeito foram as que apresentam maiores valores de pH quando comparada com as outras águas do processo de dessalinização, a água bruta e a dessalinizada. Devendo este fato ao aumento de carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) encontrados facilmente nas águas do aquífero jandaíra, de origem calcária, onde os poços das comunidades rurais captam, que removidos da água bruta se concentram na água de rejeito.

De acordo com Ayers & Westcost (1991) não existe um limite preciso da qualidade da água na agricultura e o seu uso é determinado pelas condições que controlam a acumulação dos sais no solo e seus efeitos nos rendimentos das culturas. Para Dias et al. (2003), a avaliação dos riscos de salinização de uma área mediante a água de irrigação não poderá ser realizada simplesmente pela qualidade da água, pois seus efeitos dependem das características do solo, da tolerância das culturas exploradas, das condições climáticas locais e manejo da irrigação e drenagem, além das características físico-químicas do solo. Assim, apesar da importância do estudo da qualidade da água, deve-se ressaltar que ela é tão somente um dos fatores e que não é razoável generalizar um único sistema de classificação de água que possa ser usado em todas as situações.

**Tabela 15** - Análise química da água de rejeito no período de outubro e novembro de 2013.

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg L <sup>-1</sup>	Cátions ----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ---	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
Lagoa Rasa	7,63	1,48	0,01	10,24	4,10	1,80	5,00	1,80	7,10	6,0	295	16,2	13,9	C3S2	S1	T3
EMA	7,40	2,98	0,29	15,85	5,80	5,60	20,40	1,20	9,10	6,6	570	27,5	30,7	C4S2	S1	T3
Alagoinha	7,38	1,54	0,17	4,51	10,07	0,93	8,80	0,80	6,50	1,9	550	15,7	16,1	C3S1	S1	T2
Boa Fé	7,49	8,41	0,37	33,70	29,72	24,58	92,00	0,80	2,40	6,5	2715	88,4	95,2	C4S1	S1	T3
Jacu	7,82	6,23	0,88	29,33	24,90	3,20	60,60	2,00	7,00	7,8	1405	58,3	69,6	C4S1	S1	T3
Juazeiro	7,28	2,97	0,58	6,96	16,80	5,10	27,00	0,60	2,00	2,1	1095	29,4	29,6	C4S1	S1	T3
Pau dos Ferros	7,43	2,24	0,29	8,49	9,00	6,14	11,60	0,60	2,50	3,1	757	23,9	14,7	C3S1	S1	T3

**Tabela 16** - Análise química da água de rejeito no período de fevereiro e março de 2014.

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg L <sup>-1</sup>	Cátions ----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> --	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
Lagoa Rasa	8,00	1,80	2,13	13,01	4,30	2,80	7,40	3,00	15,00	6,9	355	22,2	25,4	C3S1	S2	T3
EMA	7,54	3,48	2,44	19,14	7,00	6,20	18,20	2,00	19,00	7,4	660	34,8	39,2	C4S1	S1	T3
Alagoinha	7,76	2,00	3,67	3,64	11,80	2,30	10,20	2,20	10,40	1,4	705	21,4	22,8	C3S1	S1	T3
Boa Fé	7,02	9,30	2,49	38,90	44,00	15,70	100,00	0,20	6,00	7,1	2985	101,1	106,2	C4S1	S1	T3
Jacu	7,39	6,30	3,00	29,87	25,30	3,20	56,00	0,80	8,40	7,9	1425	61,4	65,2	C4S1	S1	T3
Juazeiro	7,06	3,20	2,69	9,09	18,00	5,50	27,60	0,00	3,00	2,7	1175	35,3	30,6	C4S1	S1	T3
Pau dos Ferros	6,67	13,80	3,67	51,33	49,00	26,50	112,00	0,00	28,50	8,4	3775	130,5	140,5	C4S1	S1	T3

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999).

**Tabela 17 - Análise química da água de rejeito no período de junho e julho de 2014.**

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg L <sup>-1</sup>	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
			mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>									mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>				
Lagoa Rasa	7,70	1,15	1,39	8,93	4,10	1,80	6,20	1,70	7,00	5,20	295,00	16,20	14,90	C3S1	S2	T2
EMA	7,20	2,40	0,99	48,3	10,00	2,40	14,80	0,00	12,10	19,4	620,0	61,78	26,90	C4S4	S2	T3
Alagoinha	7,60	1,50	0,56	12,99	6,20	8,00	9,40	0,20	6,00	4,88	710,00	27,75	15,60	C3S1	S1	T3
Boa Fé	7,20	7,30	1,34	40,09	36,80	26,70	87,00	0,00	1,40	7,12	3175,00	104,93	88,40	C4S2	S1	T3
Jacu	7,50	0,22	0,13	1,97	1,70	1,50	3,40	0,00	0,40	1,56	160,00	5,30	3,80	C1S1	S2	T2
Juazeiro	7,50	1,95	1,26	15,20	10,40	6,10	19,40	0,00	1,40	5,30	825,00	32,96	20,80	C3S1	S1	T3
Pau dos Feros	7,90	0,71	0,51	15,99	2,80	5,40	6,80	0,40	0,50	7,90	410,00	24,69	7,70	C2S1	S2	T3

**Tabela 18 - Análise química da água de rejeito no período de outubro e novembro de 2014.**

Localidade	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg L <sup>-1</sup>	Cátions	ânions	Classificação de Richards <sup>1</sup>	Sodicidade <sup>2</sup>	Toxicidade <sup>3</sup>
			mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>									mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>				
Lagoa Rasa	7,60	1,31	0,04	19,25	3,70	2,50	6,00	0,20	10,80	10,93	310,00	25,49	17,00	C3S2	S2	T3
EMA	7,48	2,51	1,04	46,36	9,30	2,70	16,40	0,20	13,80	18,93	600,00	59,40	30,40	C4S3	S2	T3
Alagoinha	7,26	1,51	0,35	10,27	8,70	6,60	9,60	0,00	9,80	3,71	765,00	25,93	19,40	C3S1	S1	T3
Boa Fé	7,35	7,56	1,13	72,63	47,00	25,00	82,00	0,20	7,00	12,11	3600,00	145,76	89,20	C4S2	S1	T3
Jacu	7,30	4,24	1,13	30,93	20,50	19,00	61,00	0,10	5,50	6,96	1975,00	71,56	66,60	C4S1	S1	T3
Juazeiro	7,03	2,70	1,31	15,89	19,00	11,50	37,00	0,00	2,50	4,07	1525,00	47,70	39,50	C4S1	S1	T3
Pau dos Feros	7,53	1,74	1,15	26,36	3,70	7,40	8,20	0,60	6,50	11,19	555,00	38,60	15,30	C3S2	S2	T3

<sup>1</sup>Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL (Richards, 1954).<sup>2</sup>Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Ayers & Westcot, 1999).<sup>3</sup>Riscos de toxicidade as plantas por íons de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> na água de acordo com o modo de aplicação (Ayers & Westcot, 1999)

## 5.2 Atributos químicos dos solos sob a influência da disposição do rejeito salino

A disposição da água de rejeito de dessalinizador nos solos das comunidades estudadas resultou em variação nas concentrações da condutividade elétrica ( $CE_{es}$ ), cálcio, magnésio, sódio e potássio solúveis, da relação de adsorção de sódio (PST) e do potencial hidrogeniônico (pH). Também afetando nas diferentes distâncias de amostragem e camadas dos solos, quando comparada as respectivas testemunhas. Nas Tabelas A1 a A28 (Apêndice), estão os resultados das análises físico-químicas dos solos (distâncias e camadas) nos quatro períodos amostrados.

Nas análises das variáveis, constatou-se a influência significativa do rejeito no sistema solo, mesmo em solos de diferentes classes, ambientes distintos, volume e salinidade do rejeito, quando comparada a testemunha das respectivas áreas.

Este comportamento foi observado comumente nas áreas de disposição do rejeito, onde o solo tem uma correlação imediata com a CE do rejeito, entrando numa espécie de equilíbrio com as características químicas do rejeito nas sucessivas deposições ao longo do tempo. Certamente este fato está relacionado com o elevado volume de rejeito que é aplicado na superfície do solo, que logo avança a camadas e distâncias maiores que estudadas nesta pesquisa, promovendo, possivelmente, gradiente mais acentuado de salinidade nas extremidades do perfil.

### 5.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Avaliando as médias de pH (Tabela 19 e 20) verificou-se, de uma forma geral, que os solos das comunidades, independentemente da distância de amostragem e profundidade da camada, os solos receptores do rejeito salino apresentaram predominância de valores médios próximos a neutralidade, entre ligeiramente ácido a moderadamente alcalino.

Os solos das regiões áridas e semiáridas, pelos altos teores de sais solúveis que contém nos horizontes superficiais, comumente são salinos ou salino-sódicos, moderadamente alcalinos. Uma das razões é devido à quantidade de matéria orgânica insipiente, coligado às altas taxas de evapotranspiração, baixa precipitação pluvial e a litologia. O pH destes solos é também comumente influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis,

composição e concentração dos sais solúveis e a presença ou ausência do gesso e carbonatos de cálcio e magnésio.

**Tabela 19** - Resumo do teste de médias entre os períodos para o Potencial Hidrogeniônico do solo (pH) de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância.

Ponto –		----- ALAGOINHA (Mossoró) -----			
Camada (cm)		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
0	0-20	8,30 a	8,27 a	7,80 c	8,00 b
0	20-40	8,20 a	8,05 b	7,90 b	8,27 a
1	0-20	7,40 d	8,49 a	7,91 c	8,35 b
1	20-40	7,47 d	8,41 a	7,84 c	8,29 b
2	0-20	6,98 c	8,51 a	8,17 b	8,15 b
2	20-40	6,88 d	8,44 a	8,00 c	8,22 b
Média		7,67 d	8,46 a	7,97 c	8,35 b
		----- BOA FÉ (Mossoró) -----			
0	0-20	7,04 c	7,60 a	7,53 a	7,43 b
0	20-40	7,19 b	7,76 a	7,50 a	7,67 a
1	0-20	5,33 c	7,84 a	7,68 b	7,73 b
1	20-40	5,14 c	7,85 a	7,71 b	8,31 b
2	0-20	4,51 d	8,14 a	6,23 c	8,07 b
2	20-40	4,39 d	8,17 a	6,25 c	8,05 b
Média		5,58 d	7,91 a	7,19 c	7,78 b
		----- EMA (José da Penha) -----			
0	0-20	8,10 c	8,35 b	8,32 b	8,73 a
0	20-40	8,10 c	8,29 b	8,32 b	8,55 a
1	0-20	8,03 a	7,69 b	7,26 c	8,13 a
1	20-40	8,01 b	8,09 b	7,78 c	8,62 a
2	0-20	7,53 b	7,58 b	7,64 b	8,40 a
2	20-40	7,83 c	7,95 b	7,77 c	8,58 a
Média		7,93 c	8,00 b	7,85 c	8,53 a
		----- JACU (Francisco Dantas) -----			
0	0-20	7,10c	7,13 c	7,81b	8,25 a
0	20-40	7,89 b	7,62 c	7,93 b	8,26 a
1	0-20	7,72 c	8,05 b	7,98 b	8,43 a
1	20-40	7,70 c	7,60 c	7,83 b	8,42 a
2	0-20	7,70 d	8,20 b	7,93 c	8,43 a
2	20-40	7,58 d	8,10 b	7,76 c	8,48 a
Média		7,63 c	7,73 c	7,90 b	8,38 a
		----- JUAZEIRO (Apodi) -----			
0	0-20	7,40 b	7,58 a	7,58 a	7,58 a
0	20-40	7,51 b	7,65 a	7,35 c	7,56 b
1	0-20	7,62 b	7,78 a	7,12 c	7,72 a
1	20-40	7,60 b	7,76 a	7,31 c	7,65 b
2	0-20	7,08 c	7,09 c	7,23 b	7,64 a

2	20-40	7,11 d	7,29 b	7,22 c	7,46 a
Média		7,39 b	7,53 a	7,30 c	7,60 a
----- LAGOA RASA (Apodi) -----					
0	0-20	8,54 c	8,58 c	8,84 b	9,08 a
0	20-40	8,50 c	8,68 b	8,74 b	9,14 a
1	0-20	8,89 c	8,99 b	8,84 b	9,46 a
1	20-40	8,57 c	8,89 a	8,67 b	8,94 a
2	0-20	8,53 d	8,91 c	9,09 b	9,53 a
2	20-40	8,51 c	8,70 b	8,66 b	8,81 a
Média		8,52 c	8,79 b	8,81 b	9,16 a
----- ALAGOINHA (Pau dos Ferros) -----					
0	0-20	7,52 d	8,24 a	7,81 c	8,18 a
0	20-40	7,51 d	8,18 b	8,10 c	8,26 a
1	0-20	7,40 d	7,61 c	8,23 b	8,52 a
1	20-40	7,25 c	8,17 b	8,28 a	8,31 a
2	0-20	7,69 d	8,32 b	7,99 c	8,46 a
2	20-40	7,49 d	7,88 c	8,14 b	8,43 a
Média		7,48 c	8,10 b	8,09 b	8,36 a

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );

Período 1 = outubro/novembro (2013) - período seco, praticamente sem chuvas;

Período 2 = fevereiro/março (2014) - início do período chuvoso;

Período 3 = junho/julho (2014) - final do período chuvoso;

Período 4 = outubro/novembro (2014) - período seco, praticamente sem chuvas.

**Fonte:** Autor (2016)

A exceção foram os solos da comunidade Boa Fé no período  $P_1$  (Figura 13B e Tabela 19), em que o pH do solo nos pontos 1 e 2 (1,00 e 2,00 m do local principal de despejo), variou de 5,33 no ponto 1 (0 – 20 cm) decrescendo levemente até o ponto 2 (20 - 40 cm) onde o pH atingiu traços ácidos com valor de 4,39. Um dos fatores que pode justificar os resultados encontrados deve-se a ação da matéria orgânica, resultante das folhas dos cajueiros que encobre parcialmente o local de disposição do rejeito (Figura 14). Sabe-se que a decomposição da matéria orgânica, sob a ação de bactérias, libera amônia ( $\text{NH}_3$ ) que se converte em nitrato liberando íons  $\text{H}^+$ , aumentando a acidez. Além disso, a decomposição da matéria orgânica gera ácidos húmicos e fúlvicos que podem contribuir para a diminuição do pH.

Associado a estas, havia sido realizado uma queima de restos vegetais no entorno do dessalinizador nos dias anteriores a coleta. Como o ponto 0 é o local que recebe diariamente, seja alto ou baixo o volume de rejeito aplicado, tendo assim, maior influência das variáveis da água, o que supostamente pode explicar o pH do solo próximo a neutralidade desse ponto se assemelhar ao pH de 7,49 da água no período.

O pH da água de rejeito das comunidades rurais estudadas foi também semelhante ao do solo, com valores em torno da neutralidade ou leve característica de alcalinidade, com maioria dos resultados dentro da faixa de pH de 7,00 a 8,00 (Figura 13). Em geral, para reduzidas concentrações de sais o pH das águas pode ser elevado, pois a medida que aumenta a salinidade da água, o pH diminui. Para salinidade maior que 5 dS m<sup>-1</sup> as águas tendem à pH neutro (DIAS & BLANCO, 2010).





**Figura 13** - Valores de Potencial Hidrogeniônico do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros.

Fonte: Autor (2016)

Um fator que contribuiu para a não elevação expressiva do pH do solo, é que, na composição química das águas de rejeito, a quantidade de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  é predominantemente maior que de  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , prevalecendo a neutralidade do NaCl com relação ao pH, inibindo, portanto, a hidrólise do  $\text{Na}^+$ , que pode elevar o pH, e não existindo elevada concentração de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que na presença de  $\text{H}_2\text{O}$ , possibilita a ocorrência de reações alcalinas que, por sua vez, podem resultar em pH de até 10 (TAN, 1982).



**Figura 14** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Boa Fé (Mossoró)

Fonte: Autor (2016)

O pH dos solos superior a 7,00 pode ser prejudicial para a prática de agricultura, o que, provavelmente, pode causar imobilização de fósforo, formando sais insolúveis com Ca e Mg, e a diminuição na disponibilidade de micronutrientes como Fe, Cu, Mn e Zn (DIAS & BLANCO, 2010).

De um modo geral, não houve diferenças significativas de pH nas camadas e distâncias de amostragem estudadas em relação ao ponto de despejo (Tabela 20), porém, quando observado a interação das distâncias dentro das camadas 0-20 e 20-40 cm, comparado com as respectivas testemunhas de cada área de coleta, evidencia-se influência do pH da água de rejeito sobre o solo, pois para quase todos os solos e períodos das comunidades, as testemunhas obtiveram pH inferior as dos solos receptores de rejeito salino.

Verificou-se também, que entre os períodos extremos ( $P_1$  e  $P_4$ ) de monitoramento das áreas de despejo do rejeito, ou seja, características de período semelhantes (período seco, praticamente sem chuvas), apresentaram diferenças significativas quanto à média do pH, incluindo todos os pontos e camadas. O período  $P_4$  teve maiores valores de pH em relação ao período  $P_1$ , supostamente em detrimento da aumento do bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) da água de rejeito entre os respectivos períodos, evidenciado em todas comunidades rurais estudadas (Tabelas 15 e 18).

A disponibilidade dos nutrientes sofrem influência do pH do solo. Para a maioria das culturas, a faixa de pH considerada ótima para assimilação dos nutrientes é entre 6,0 e 6,5. O nitrogênio (N) é melhor aproveitado pela planta em solo com pH acima de 5,5. A disponibilidade máxima verifica-se na faixa de pH do solo entre 6 e 6,5 para depois diminuir. O potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) é melhor aproveitado em pH do solo maior que 5,5. O fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) tem melhor disponibilidade para as plantas em pH 6 a 6,5.

De uma forma geral, a disposição do rejeito salino diretamente sobre o solo, contribuiu, ao longo do tempo, para alteração do pH do solo receptor, tornando-os mais alcalinos, o que pode ser um problema. Nos solos alcalinos ( $\text{pH} > 7,0$ ) há uma deficiência na disponibilidade de fósforo por causa da formação de fosfato de cálcio que é insolúvel e não aproveitável para as plantas. Nestes solos, há uma elevação dos teores de Ca, Mg e K, mas uma deficiência de micronutrientes, com exceção do molibdênio (Mo) (MALAVOLTA, 1979).

Terceiro Neto (2010), em seu estudo com águas salinas aplicadas via irrigação, encontrou também, de maneira geral, no perfil (0 - 45 cm), os valores de pH praticamente constantes, tendendo a aumentar com o tempo, embora não tenham chegado a 7,5. O pesquisador considerou que pode ser devido à grande quantidade de sódio e de carbonatos presentes na água de irrigação. Gurgel (2006) e Barros (2002), consideraram que o pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis, concentrações de sais solúveis e pela presença ou ausência do gesso e carbonato de cálcio e magnésio; ele serve para indicar a possibilidade de ocorrência de íons tóxicos de alumínio, ferro e manganês no solo e também o aumento ou diminuição da disponibilidade de nutrientes para as plantas.

A classificação de solos afetados por sais, proposta por Bohn et al. (1985) considera o pH como parâmetro na determinação da classe, sendo o pH 8,5 como limite entre os solos salinos ( $\text{pH} < 8,5$ ) e solos sódicos ( $\text{pH} > 8,5$ ). Nesse contexto, os resultados para a comunidade Lagoa Rasa (Apodi), os solos da área sobre influência do despejo do rejeito salino foram classificados como solos salino-sódicos em todos os pontos e camadas monitoradas (Tabelas

A9 a A12). Entretanto, seguindo esta classificação proposta, as testemunhas, solo de mata nativa sem influência do rejeito, foram classificadas como solos normais. Assim, é possível concluir que o rejeito salino interferiu severamente na qualidade do solo, modificando suas características físico-químicas.

Para Bohn et al. (1985), o pH dos solos sódicos é comumente maior que 9 ou 9,5, e as frações orgânicas e argila encontram-se dispersas. A matéria orgânica dispersa pode acumular-se na superfície do solo devido a evaporação, causando um enegrecimento, dando origem ao termo “álcali negro”. Nos solos sódicos a percolação da água é muito baixa e o controle da salinidade é o principal problema associado com esses solos. Devido ter uma baixa concentração de sais solúveis e elevado valor de pH, os solos sódicos podem apresentar toxidez direta para muitas plantas devido à ação direta do sódio.

No decorrer dos anos, diante de sucessivas deposições do rejeito em Lagoa Rasa, sem qualquer técnica de manejo do rejeito, somado a isto, um solo imperfeitamente drenado, onde a camada de 20 – 40 cm contém 29,7% de argila (Tabela 4), promoveu o encharcamento de uma extensa área, causando sérios riscos de agravamento do solo e paisagem de difícil reparação, na permanência da disposição direta (Figura 17).

**Tabela 20** - Resumo do teste de médias para o pH de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância

Camada (cm) / Ponto	Comunidades						
	ALAGOINHA (Mossoró)	BOA FÉ (Mossoró)	EMA (José da Penha)	JACU (Francisco Dantas)	JUAZEIRO (Apodi)	LAGOA RASA (Apodi)	ALAGOINHA (Pau dos Feros)
----- Interação das camadas dentro da distância 0 -----							
0 – 20	8,25 a	7,60 b	8,35 a	7,14 b	7,55 b	8,60 b	8,22 a
20 – 40	8,05 b	7,76 a	8,29 a	7,61 a	7,65 a	8,70 a	8,18 a
----- Interação das camadas dentro da distância 1 -----							
0 – 20	8,51 a	7,84 a	7,71 b	8,06 a	7,79 a	9,00 a	7,67 b
20 – 40	8,43 b	7,85 a	8,10 a	7,60 b	7,77 a	8,88 b	8,20 a
----- Interação das camadas dentro da distância 2 -----							
0 – 20	8,50 a	8,14 a	7,61 b	8,19 a	7,06 b	8,92 a	8,38 a
20 – 40	8,45 b	8,17 a	7,94 a	8,10 b	7,34 a	8,70 b	7,87 b
----- Interação das camadas dentro da testemunha -----							
0 – 20	7,75 a	6,90 a	7,00 a	7,30 a	6,95 a	6,45 a	5,53 b
20 – 40	7,56 b	5,75 a	6,96 b	7,04 b	6,96 a	6,31 b	5,96 a
----- Interação das distâncias dentro da camada 0 - 20 -----							
0	8,25 b	7,60 c	8,35 a	7,14 d	7,55 b	8,60 c	8,22 b
1	8,51 a	7,84 b	7,71 b	8,06 b	7,79 a	9,00 a	7,67 c
2	8,50 a	8,14 a	7,61 c	8,19 a	7,06 c	8,92 b	8,38 a
Testemunha	7,75 c	6,90 d	7,00 d	7,30 c	6,95 d	6,45 d	5,53 d
----- Interação das distâncias dentro da camada 20 - 40 -----							
0	8,05 b	7,76 c	8,29 a	7,61 b	7,65 b	8,70 b	8,18 a
1	8,44 a	7,85 b	8,10 b	7,60 b	7,77 a	8,88 a	8,20 a
2	8,45 a	8,17 a	7,94 c	8,10 a	7,34 c	8,70 c	7,87 c
Testemunha	7,56 c	5,75 d	6,96 d	7,04 c	6,96 d	6,31 d	5,96 d

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );**Fonte:** Autor (2016)

### 5.2.2 Condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ )

A partir dos resultados referentes à qualidade da água do rejeito da dessalinização aplicados diretamente no solo, pode observar que ocorreram incrementos em alguns íons como  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  e  $HCO_3^-$  no período de fevereiro/março ( $P_2$ ) refletindo no aumento da condutividade elétrica para a maioria dos solos, como também, na percentagem de sódio trocável, atingindo valores de CE de  $31,25 \text{ dS m}^{-1}$  na comunidade de Juazeiro (Apodi) e PST de 70 em Lagoa Rasa - Apodi (Tabelas A1 a A28).

Ainda nesse contexto, observa-se que durante os períodos de coleta ocorreu oscilação nas variáveis do solo nos pontos 0, 1 e 2 e nas camadas 0-20 e 20-40 cm do solo, refletindo na condutividade elétrica do solo ( $CE_{es}$ ) em todas as comunidades. Sendo os fatores ambientais, como tipo de solo e precipitação pluvial, um dos principais contribuintes para as alterações de salinidade do solo, mas, sem dúvida, o de maior intensidade sendo provocado pela ação do rejeito salino aplicado no solo.

Estudando os parâmetros de classificação de solos de acordo com a salinidade, classificação proposta por Bohn et. al (1985), conforme Tabela 2, em que considera três parâmetros: Condutividade Elétrica ( $CE_{es}$ ); Potencial de Hidrogênio (pH) e a Percentagem de Sódio Trocável (PST), foi diagnosticado que todas as amostras coletadas - independente de período de coleta; distância; profundidade; ou mesmo classificação de solo – se enquadravam em apenas três tipos de classificação: Solos Normais, Salinos e Salino-Sódicos. Não houve durante o monitoramento, solos classificados como Sódicos, uma vez que nenhum dos resultados apresentou condutividade elétrica do extrato saturado inferior a  $2 \text{ dS m}^{-1}$  e  $PST > 15$ , simultaneamente, considerando este o limite para os solos classificados como Sódicos a se considerar o  $pH < 8,5$  (Tabelas A1 a A28).

De acordo com as análises dos solos, verificado pelo teste de médias na Tabela 21, foi percebido alterações significativas na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em todas as comunidades. Na comunidade Boa Fé, os maiores valores encontrados foram no período  $P_2$ , fevereiro/março, correlacionando com os altos valores de CE analisados da água de rejeito do período (Tabela 16). Mesmo com as distâncias e profundidades do ponto de despejo do rejeito salino, a concentração salina foi superior aos demais períodos em quase todas as coletas (Figura 15 B). O solo desta comunidade foi classificado como *Neossolo Quartzarênico*, isto é, um solo com característica textural argilo-arenosa (94% areia) na camada 0-20 cm e franco-argilo-arenosa (89% areia) na camada 20-40 cm com baixa quantidade de argila, predominando a fração areia (Tabela 4), o que favoreceu a lixiviação

dos sais do perfil, permitindo um rápido domínio nos teores dos sais da água e a solução do sistema solo, ou seja, os parâmetros avaliados do solo apresentaram valores semelhantes aos valores da água de rejeito nos respectivos períodos.

**Tabela 21** - Resumo do teste de médias para a Condutividade Elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) do solo de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância.

Ponto –		----- ALAGOINHA (Mossoró) -----			
Camada (cm)		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
0	0-20	3,56 a	2,04 b	1,51 c	1,13 d
0	20-40	4,79 a	1,48 d	1,82 b	1,62 c
1	0-20	1,89 a	1,43 c	1,66 b	0,83 d
1	20-40	1,99 b	1,55 c	2,22 a	0,87 d
2	0-20	0,68 c	1,43 b	1,66 a	0,68 c
2	20-40	0,27 d	1,48 b	1,95 a	0,54 c
Média		2,20 a	1,56 c	1,80 b	0,95 d
		----- BOA FÉ (Mossoró) -----			
0	0-20	3,75 c	6,25 a	6,75 a	4,25 b
0	20-40	3,45 d	5,71 b	7,02 a	4,16 c
1	0-20	3,62 b	5,25 a	3,62 b	3,50 b
1	20-40	4,04 b	5,71 a	3,57 c	4,16 b
2	0-20	0,13 c	5,37 a	0,63 b	5,87 a
2	20-40	0,12 d	5,00 a	0,71 c	3,92 b
Média		2,51 d	5,54 a	3,71 c	4,31 b
		----- EMA (José da Penha) -----			
0	0-20	2,10 d	2,18 c	2,96 a	2,65 b
0	20-40	2,28 b	1,64 c	2,91 a	2,07 b
1	0-20	15,00 c	28,90 a	18,67 b	11,40 d
1	20-40	7,07 c	9,57 b	10,57 a	3,71 d
2	0-20	9,84 b	14,45 a	15,07 a	7,57 c
2	20-40	7,57 b	7,85 b	11,21 a	4,21 c
Média		7,31 b	10,75 a	10,23 a	5,27 c
		----- JACU (Francisco Dantas) -----			
0	0-20	11,25 b	26,87 a	5,50 c	5,75 c
0	20-40	6,71 b	19,34 a	3,42 d	4,86 c
1	0-20	5,00 c	12,62 a	3,50 d	6,12 b
1	20-40	3,42 c	19,47 a	3,02 c	4,34 b
2	0-20	2,50 c	2,50 c	3,87 b	9,87 a
2	20-40	2,01 c	3,42 b	3,42 b	3,94 a
Média		5,14 b	14,03 a	3,78 c	5,81 b
		----- JUAZEIRO (Apodi) -----			
0	0-20	4,86 a	4,72 a	3,19 b	2,36 c
0	20-40	5,00 a	4,34 b	4,73 a	2,89 c
1	0-20	14,30 a	7,63 c	12,50 b	14,30 a
1	20-40	7,76 a	7,10 b	5,13 d	6,31 c
2	0-20	16,25 b	31,25 a	10,13 d	13,33 c
2	20-40	17,50 a	13,02 b	7,63 c	5,78 d
Média		10,94 a	11,34 a	7,21 b	7,49 b
		----- LAGOA RASA (Apodi) -----			
0	0-20	7,10 a	2,57 c	3,51 b	2,81 c

0	20-40	2,56 b	2,70 b	3,61 a	3,47 a
1	0-20	13,90 a	11,56 b	5,93 c	3,43 d
1	20-40	13,20 a	8,95 b	7,15 c	3,81 d
2	0-20	5,86 b	7,65 a	7,42 a	4,53 c
2	20-40	6,25 c	7,77 a	7,08 b	6,52 c
Média		8,14 a	6,86 b	5,78 c	4,09 d
----- ALAGOINHA (Pau dos Ferros) -----					
0	0-20	16,73 a	8,36 b	3,80 c	3,91 c
0	20-40	11,87 a	8,13 b	3,22 d	5,00 c
1	0-20	3,91 c	5,97 a	3,36 d	4,78 b
1	20-40	2,91 c	9,58 a	2,71 c	7,60 b
2	0-20	4,13 a	2,17 c	2,60 b	4,34 a
2	20-40	5,00 a	2,50 c	2,08 d	3,33 b
Média		7,42 a	6,11 b	2,96 d	4,82 c

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );  
 Período 1 = outubro/novembro (2013) - período seco, praticamente sem chuvas;  
 Período 2 = fevereiro/março (2014) - início do período chuvoso;  
 Período 3 = junho/julho (2014) - final do período chuvoso;  
 Período 4 = outubro/novembro (2014) - período seco, praticamente sem chuvas.

**Fonte:** Autor (2016)

De acordo com Richards (1954), o teor e o tipo de argila predominante no solo podem agir como interferentes na concentração de íons na solução e, conseqüentemente, no valor da  $CE_{es}$ . A fração argila atua como um acumulador de íons por meio da sistemática de adsorção e posterior dessorção iônica, sendo influenciada principalmente pela temperatura e concentração iônica na solução do solo. Assim, quanto maior a concentração de um íon específico maior a adsorção deste no complexo coloidal.

A condutividade elétrica (CE) expressa a habilidade que um meio apresenta em conduzir uma corrente elétrica. Devido ao fato de que a CE de uma solução aquosa está intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos (solutos iônicos) na solução, ela é comumente usada como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa, embora também seja afetada pela temperatura da amostra, pela mobilidade, valência e concentração relativa dos íons contidos na solução. (DIAS & BLANCO, 2010).

Ainda para a comunidade Boa Fé, a condutividade elétrica do solo nos demais períodos, pode-se afirmar que ocorreu diferença estatística entre os períodos  $P_1$  e  $P_4$ , ou seja, houve aumento de sais entre os anos. Para Ayers e Westcot (1991) a salinidade aumenta com a profundidade e, ainda, acumula-se nas regiões onde termina a frente de molhamento. De um modo geral, isso é percebido nas distâncias do solo em relação ao ponto 0 desta comunidade, considerando o solo da área muito arenoso, afetando mais as camadas subsuperficiais (vertical) quando comparado aos pontos 1 e 2 (horizontal) (Tabela 22).

De acordo com a classificação de solos afetados por sais (Tabela 2), das 24 amostras que ocorreram no decorrer dos períodos, ou seja, considerando apenas os pontos da área que são afetados pela disposição do rejeito, sem incluir as testemunhas, 34% das amostras foram classificadas como solo salino-sódico. No entanto, considerando o limite desta classificação de  $PST > 15$ , as amostras que passaram por esse limite, ficaram muito próximas, o que com pouca alteração dos sais no solo durante os intervalos dos períodos de coleta, que algumas amostras ora classificadas como sódicas, voltasse a ser classificadas como normal. O período que se apresentou mais danoso do ponto de vista da qualidade do solo foi o período  $P_2$ , em que das 6 amostras 4 classificaram-se como sódicas, o que compromete seriamente a estrutura do solo.

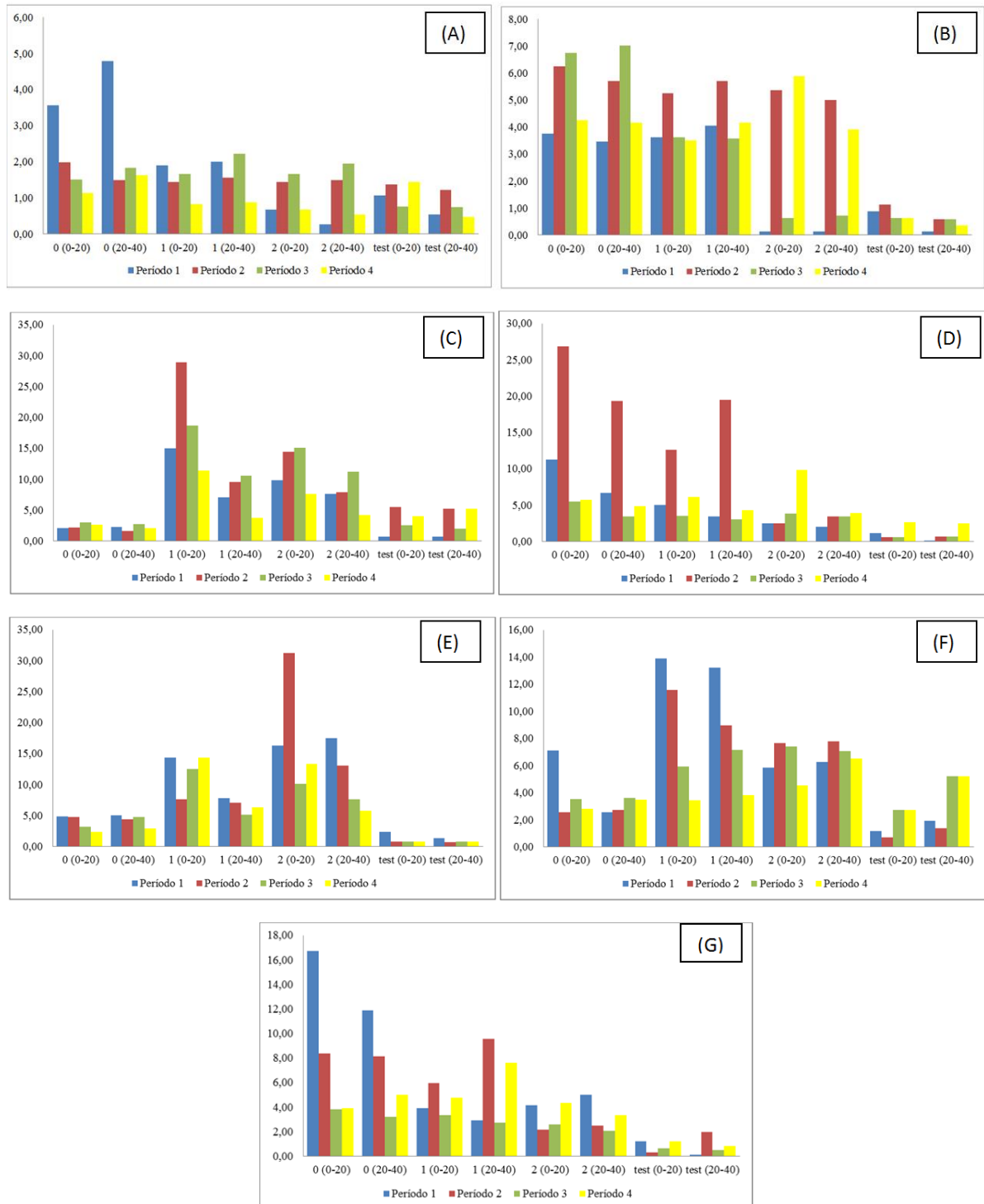
Na comunidade Alagoinha (Mossoró), cujo solo é *Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico*, com textura do solo Franco-argilo-arenosa (21,5% argila) e Franca (32,8% argila), nas camadas 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, a salinidade média da camada 0-20 cm para quase todos os pontos foi mais baixa em relação à camada 20-40 cm. Uma justificativa para esse resultado se dá pela mobilização da fração argila na camada subsuperficial, fração esta mais ativa, retendo mais cátions na camada.

O teste de médias evidenciou um comportamento em que os períodos  $P_1$  e  $P_3$  tiveram os maiores níveis de  $CE_{es}$ , mesmo considerando que a classificação da água de rejeito foi  $C_3S_1$  durante toda a pesquisa. Esse fato pode estar atrelado à ocorrência das primeiras chuvas no período  $P_2$  (Figura 9), que promoveu uma redução da salinidade média do período, pois as chuvas na região da comunidade, normalmente são superiores aos dados coletados de precipitação da estação meteorológica de Mossoró, distante 20 km, localização no sopé da Serra Mossoró, em que comumente localizações de serra apresentam precipitações mais elevadas quando comparadas às áreas planas, pois as massas de ar, juntamente com as nuvens sobem ao encontrarem elevações no continente, precipitando em forma de chuvas.

Considerando os extremos dos períodos,  $P_1$  e  $P_4$ , outubro/novembro de um ano para o outro, verificou-se uma redução da salinidade do solo para quase todas as amostras da comunidade Alagoinha (Mossoró). No contexto desse comparativo, usando o mesmo período entre os anos de 2013 e 2014, as demais comunidades também apresentaram esse comportamento de decréscimo. Uma razão que pode ser evidenciada, foi o agravamento da seca no semiárido no últimos anos, em que pequenos produtores de ovino-caprino e bovino das comunidades rurais equipadas com dessalinizadores, têm usado uma parte da água de rejeito como alternativa para matar a sede do rebanho, mesmo que imprópria. Como



consequência deste uso, houve redução da disposição do rejeito no solo. No entanto, não foi estimado o volume nesse trabalho.



**Figura 15** - Valores de Condutividade Elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros.

Fonte: Autor (2016)

Para a classificação de solos afetados por sais, constatou-se que 88 % das amostras durante a pesquisa na comunidade Alagoinha (Mossoró) foram classificadas como solos normais, o que pode ser explicado pela RAS e CE da água de rejeito que atingiu o valor máximo de 4,88 e 2,00 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, com classificação estável em C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> nas 4 coletas de água. Outros fatores que podem ter colaborado, como o solo desta comunidade ser de drenagem moderada e existência de coqueiros nas imediações do local de despejo, o que, provavelmente, contribuiu para a remoção de sais do perfil.

De acordo com a Tabela 21, verifica-se que a comunidade EMA (José da Penha), exibiu as maiores médias de salinidade nos períodos P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, contrariando, a princípio, a salinidade da água de rejeito do período P<sub>3</sub> que foi a menor com CE<sub>a</sub> = 1,95 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 16), porém com a mesma classe de classificação, C<sub>4</sub>. O solo desta comunidade é do tipo *Argissolo Vermelho Eutrófico*, com ambas camadas classificadas na classe textural argilosa, com concentração de argila na camada 20-40 cm, 30,6% (Tabela 4), o que certamente favoreceu o acúmulo de sais, mesmo com a água de menor concentração, já que esta fração do solo age mais fortemente com os íons da solução do solo, necessitando de um intervalo maior para equilibrar com os sais da água aplicada, percebendo a redução da salinidade do solo no período P<sub>4</sub>, considerando também o argumento relatado para a comunidade Alagoinha (Mossoró).

Observa-se que para os pontos 1 e 2, ou seja, à 1,00 e 2,00 metros do ponto central de despejo, a condutividade elétrica do solo é superior ao ponto 0, bem como na camada superficial, 0-20 cm, nos 4 períodos (Figura 15 C). A diferença no nível de energia da água de um local ou uma condição para outra (por exemplo, entre solo úmido e solo seco) determina a direção e taxa de movimento da água nos solos, assim também, uma parte dos sais desloca-se com a água capilar para a superfície do solo onde concentra-se à medida que a água evapora.

Destacando que o ponto 1 apresentou maior média quando comparado aos demais pontos, uma das explicações possíveis para que o ponto intermediário apresente essa tendência a maior concentração, são os ciclos sucessivos de secagem e umedecimento do solo com o rejeito salino, que podem ter ocorrido com um volume aplicado e geometria característica do solo que atingia a extremidade do umedecimento mais frequentemente no ponto 1. Esse efeito é muito comum nos bulbos molhados na prática da irrigação, ocorrendo concentrações de sais nas periferias do bulbo.

**Tabela 22** - Resumo do teste de médias para a Condutividade Elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância

Camada (cm) / Ponto	Comunidades						
	ALAGOINHA (Mossoró)	BOA FÉ (Mossoró)	EMA (José da Penha)	JACU (Francisco Dantas)	JUAZEIRO (Apodi)	LAGOA RASA (Apodi)	ALAGOINHA (Pau dos Ferros)
----- Interação das camadas dentro da distância 0 -----							
0 – 20	2,06 b	5,25 a	2,47 a	12,34 a	3,78 b	3,99 a	8,20 a
20 – 40	2,42 a	5,08 a	2,22 b	8,58 b	4,24 a	3,08 b	7,05 b
----- Interação das camadas dentro da distância 1 -----							
0 – 20	1,45 b	3,99 b	18,49 a	6,81 b	12,18 a	8,70 a	4,50 b
20 – 40	1,67 a	4,37 a	7,73 b	7,56 a	6,57 b	8,27 b	22,80 a
----- Interação das camadas dentro da distância 2 -----							
0 – 20	1,11 a	3,00 a	11,73 a	4,68 a	17,74 a	6,36 b	3,31 a
20 – 40	1,06 a	2,43 b	7,71 b	3,18 b	10,98 b	6,90 a	3,22 a
----- Interação das camadas dentro da testemunha -----							
0 – 20	1,15 a	0,81 a	3,19 a	1,24 a	1,21 a	1,83 b	0,83 a
20 – 40	0,74 b	0,41 b	3,28 a	0,98 b	0,87 b	3,43 a	0,85 a
----- Interação das distâncias dentro da camada 0 - 20 -----							
0	2,06 a	5,25 a	2,47 d	12,34 a	3,78 c	3,99 c	8,20 a
1	1,45 b	3,99 b	18,49 a	6,81 b	12,18 b	8,70 a	4,50 b
2	1,11 c	3,00 c	11,73 b	4,68 c	17,64 a	6,36 b	3,31 c
Testemunha	1,15 c	0,81 d	3,19 c	1,24 d	1,21 d	1,83 d	0,83 d
----- Interação das distâncias dentro da camada 20 - 40 -----							
0	2,42 a	5,08 a	2,22 c	8,58 a	4,24 c	3,08 d	7,05 b
1	1,67 a	4,37 b	7,73 a	7,56 b	6,57 b	8,27 a	22,80 a
2	1,06 b	2,43 c	7,71 a	3,18 c	10,98 a	6,90 b	3,22 c
Testemunha	0,74 c	0,41 d	3,28 b	0,98 d	0,87 d	3,43 c	0,83 d

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );

Fonte: Autor (2016)

Verificou-se efeito significativo para interação das distâncias do ponto de despejo do rejeito da água salina no solo dentro das profundidades do perfil 0-20 e 20-40 cm (Tabela 22). As amostras de solos afastadas da área de disposição do rejeito, aqui nomeadas como testemunha, nesta comunidade (EMA) apresentou média de condutividade elétrica superior ao ponto 0 para as duas profundidades. Sendo esta, a única exceção dentre as comunidades monitoradas, cuja testemunha não apresentou salinidade menor que as demais amostras sob influência do rejeito. Ao verificar as análises de solo desta comunidade, notasse valores expressivos de potássio ( $K^+$ ) na área de amostragem das testemunhas, muito superior aos valores encontrados na área de despejo ou mesmo da água de rejeito.

O fator que pode ter ocasionado essa alteração atípica, pode ser explicada pela presença constante de rebanhos de caprinos, bovinos, suínos e aves na área externa do dessalinizador, que atraídos pela pequeno córrego formado pelo elevado volume de rejeito salino (Figura 16), permaneciam ali, excretando urina e fezes no solo contribuindo para elevação da salinidade. Diferentemente dos pontos de coleta (0, 1 e 2) da área despejo, o qual é isolado por cerca, impedindo o acesso de animais (Figura 17).



**Figura 16** - Animais consumindo água de rejeito nas proximidades do dessalinizador – Comunidade EMA (José da Penha).

Fonte: Autor (2016)

Das amostras de solo da comunidade EMA (José da Penha) ao longo do monitoramento, todas as amostras dos pontos 1 e 2, semelhantemente com a condutividade elétrica também mais elevada dentre os pontos, foram classificadas como solos salino-sódicos. O que evidencia a forte influência do rejeito salino na qualidade do solo, alterando as propriedades deste sistema de difícil correção.

É importante ressaltar, que a coleta de águas ocorria no mesmo dia da coleta de solo, ou seja, as alterações químicas das águas dos poços, proporcionalmente a água de rejeito, são muito mais intensas que quando comparadas as do solo, desta maneira dificulta correlacionar imediatamente as salinidades da água e do solo, o que necessitaria de aplicações sucessivas e controle do meio. Destacando ainda, que as áreas de coleta de solo deste estudo, de todas as comunidades, eram expostas as condições ambientais naturais, nem mesmo controle da manutenção da salinidade diária da água e demais variáveis.



**Figura 17** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade EMA (José da Penha).

**Fonte:** Autor (2016)

Os valores médios de condutividade elétrica do solo nas comunidades Juazeiro (Apodi) e Boa fé (Mossoró) apresentaram um padrão semelhante em resposta ao rejeito salino aplicado, com as maiores médias no período  $P_1$  e  $P_2$ . A salinidade da água de rejeito oscilou ( $C_4$  e  $C_3$ ) durante os quatro períodos, inclusive mudando a classe de classificação para essa comunidade. No entanto, os maiores valores de  $CE_a$  coincidiram com os períodos  $P_1$  e  $P_2$  (Tabelas 15 e 18). O solo de Juazeiro (Apodi) foi classificado em *Neossolo Flúvico*, com os horizontes superficiais com característica arenosa, estrutura solta, sem formação de agregados (Figura 18), sendo formado por sedimentos do Rio Mossoró que fica a menos de 1 km do dessalinizador. A classe textural da camada 0-20cm foi franco-argilosa, destacando a fração areia com 86,1%, e a camada 20-40cm sendo franco-argilo-arenosa com 82,2% de areia (Tabela 4). O solo desta comunidade é muito semelhante ao de Boa Fé, apesar da formação e material de origem diferentes, pode ter possibilitado comportamento parecido em função da água de rejeito, promovendo a drenagem e lixiviação dos sais acompanhando com mais



facilidade as alterações químicas da água, pela baixa quantidade de argila e elevada macroporosidade, característica comum desses solos.



**Figura 18** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Juazeiro (Apodi).  
Fonte: Autor (2016)

Nesta comunidade, a salinidade no ponto 0, a salinidade foi semelhante, praticamente não apresentando diferenças entre as profundidades 0-20 e 20-40 cm nos períodos (Figura 15 E). As médias dos pontos 1 e 2 são superiores as do ponto 0 nos 4 períodos, semelhante ao que ocorreu na comunidade EMA (José da Penha), mesmo sendo solos com classificações e características bem distintas. Estes resultados parecidos certamente se explicam pela forma como escoava o rejeito no solo. Em ambas comunidades o rejeito era despejado em espécie de sulcos de solos que permitiam o escoamento perpendicularmente aos pontos 1 e 2, favorecendo o molhamento similar dos pontos das amostras nas duas comunidades.

Na interação das distâncias para ambas as camadas (Tabela 22), verificou-se que há incremento na condutividade elétrica ao se distanciar do ponto 0 na área de descarte do rejeito em Juazeiro. É importante destacar, que a vazão do rejeito em Juazeiro, quando o dessalinizador estava em funcionamento era bastante intensa (superior a velocidade de infiltração), no qual mesmo com o solo arenoso, era possível escoamento em sulcos, o que pode ter contribuído também para elevar a salinidade dos pontos 1 e 2.

De acordo com a classificação de solos afetados por sais para a comunidade Juazeiro, 46% das amostras de solo coletadas na área despejo salino foram classificadas como solos salino-sódicos, sendo o período P<sub>1</sub> o com maior número de amostras dentro dessa classificação. A precipitação pluvial e a alteração da condutividade elétrica no rejeito, a qual

oscilou entre 3,20 e 0,70 dS m<sup>-1</sup> podem ter influenciado nas mudanças de classificação de algumas amostras de solo entre os períodos.

Em Lagoa Rasa (Apodi) e Alagoinhas (Pau dos Ferros), cujos solos são *Chernossolo Argilúvico* e *Neossolo Regolítico*, respectivamente, aparentemente não se constatou um comportamento padrão destes solos diante da disposição do rejeito salino. O solo da comunidade Lagoa Rasa apresenta drenagem deficiente devido à presença de horizonte subsuperficial adensado, em decorrência do teor de argila dispersa, o que promovia alagamento da área com muita facilidade, dificultando ao longo dos períodos, identificar com precisão os pontos de coleta.

Analisando a salinidade média do solo e considerando todos os pontos e profundidades, ambas as comunidades obtiveram a maior média no período P<sub>1</sub> (Tabela 21). Contudo, quando se analisa isoladamente as distâncias e profundidades, percebe-se que a tendência de salinização no solo da comunidade Lagoa Rasa (Apodi) é maior nos pontos 1 e 2: no ponto 1 nos períodos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>; e no ponto 2 nos períodos P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>. Diferentemente para a Alagoinhas (Pau dos Ferros), onde a salinidade foi maior no ponto 0, com a intensidade de acumulação de sais sendo mais elevada nas camadas superficiais do solo, 0-20 cm.

Vale ressaltar, que a comunidade Lagoa Rasa, dentre as comunidades monitoradas, era a que mais usava a tecnologia de dessalinização, onde o motor trabalhava quase que de maneira ininterrupta durante o dia, proporcionando um elevado volume de rejeito, conseqüentemente, sua disposição no solo atingiu uma área maior. Em Alagoinhas (Pau dos Ferros), o volume gerado de rejeito pelo dessalinizador era bem inferior, já que seu uso não era muito intenso por ser uma comunidade relativamente pequena, além de haver controle do volume que cada família poderia captar diariamente, colaborando para que o ponto 0 atingisse, de uma forma geral, as maiores médias de condutividade elétrica (CE<sub>es</sub>) do solo.

Em Lagoa Rasa (Apodi), todas as amostras de solos dos pontos e camadas coletadas, bem como em todos os períodos, foram classificadas em salino-sódicos, exceto as amostras de testemunha, classificadas como solos normais. Avaliando as características químicas da água de rejeito durante o estudo, verifica-se que os teores de sais das amostras colhidas não apresentam valores tão elevados quando se compara com os rejeitos das demais comunidades, onde a condutividade elétrica oscilou entre 1,31 dS m<sup>-1</sup> registrado no período P<sub>3</sub>, junho/julho (pós-chuvas), e 1,80 dS m<sup>-1</sup> no período P<sub>2</sub>, fevereiro/março (início das chuvas), conforme Tabelas 15 a 18.

Contudo, a intensidade e o volume de rejeito aplicados no solo, associando ao solo do tipo *Chernossolo Argilúvico* com restrições de drenagem no horizonte subsuperficial,

promoveram severas e intensas alterações no solo. Podendo-se afirmar que esta comunidade, dentre as monitoradas nesta pesquisa, que a água de rejeito e seu manejo causaram o maior impacto e transformações dos solos receptores monitorados, reduzindo notavelmente a vegetação nas áreas úmidas (Figura 17).

Para Dias e Blanco (2010), além do efeito dos sais sobre a estrutura do solo, promovendo principalmente a expansão da argila e conseqüentemente sua dispersão, outros efeitos acontecem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução interferem na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar essa pressão e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica).



**Figura 19** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Lagoa Rasa (Apodi).  
**Fonte:** Autor (2016)

Já para a comunidade Alagoinhas (P. dos Ferros), Tabelas A17 e A18 (Apêndice), no período  $P_1$ , primeira coleta, todas as amostras dos pontos e profundidades sobre a influência da disposição do rejeito, foram classificadas como solos salino-sódicos. Entretanto, na segunda coleta, período  $P_2$ , a metade das amostras mudaram a classificação para solos salinos, e nos períodos  $P_3$  e  $P_4$ , todas as amostras foram classificadas como solo salino. Ou seja, no intervalo de um ano, toda uma área que estava classificada com o solo salino-sódico, foi diminuindo em relação ao período de amostragem, chegando à condição de solos normais para toda a área de coleta. Verificando a precipitação pluvial do município de Pau dos Ferros (Figura 9), onde a comunidade está localizada na sua zona rural, distante em 10 km, o volume



de chuvas do ano incidiu praticamente somente nos meses de fevereiro e março (coincidindo com o período de coleta – P<sub>2</sub>), 253 mm, ocorrendo elas de forma bastante concentradas, contribuindo para a lixiviação de sais nas duas camadas do solo estudadas, ponderando que o solo desta comunidade é de textura argilo-arenosa nas duas camadas, 0-20 e 20-40 cm, com 82,1% e 83,0% de areia, respectivamente (Tabela 4 e Figura 20). Possivelmente, estes dados podem elucidar a causa que acarretou em redução de sais do solo, permitindo aos solos antes classificados como salino-sódicos, tornarem-se solos salinos, como também compreender o comportamento de redução da CE do solo nos pontos 1 e 2 (Figura 15 G)

Ainda que a área de amostragem sob influência do rejeito, em todos os pontos e camadas, teve o solo classificado como salino no período P<sub>3</sub>, usando a classificação de Bohn et al. (1985), quando comparado com a área de mata nativa, testemunha, constata-se que todos os parâmetros físico-químicos do solo, exceto o Fósforo (P), são superiores à testemunha. Esse comportamento foi perceptível também no período seguinte, P<sub>4</sub> (Tabelas A19 e A20).



**Figura 20** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Alagoinhas (Pau dos Ferros).

Fonte: Autor (2016)

Na análise da distribuição da salinidade nas camadas do solo pelo teste de médias (Tabela 21) da comunidade Jacu (Francisco Dantas), verifica-se os maiores valores no período P<sub>2</sub>, destacando o ponto 0, ponto central do despejo e o ponto 1, distando 1,00 m do ponto de rejeito, com as maiores médias de CE<sub>es</sub>. Logo o período P<sub>1</sub> também foi fortemente influenciado pela ação das variáveis do rejeito salino, que por sua vez foi justamente onde os períodos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> a condutividade elétrica da água apresentou os maiores valores. O ponto 0, na camada mais superficial 0-20 cm foi a que expôs as CE<sub>es</sub> mais elevadas quando comparado com as demais distâncias e profundidades. Isso muito em razão das características do solo onde está inserido a comunidade, sendo classificado como *Neossolo Litólico*, com as duas

camadas monitoradas de classe textural franco-argilo-arenosa, ambas de quantidades elevadas de areia e silte. Outro aspecto importante diagnosticado foi a facilidade de drenagem da água de rejeito na área de disposição, em que, distinto de outras áreas, a água não empossava, nem muito menos escoava, infiltrando-se rapidamente. Deste modo, justificando a influência maior do rejeito ter sido sobre o ponto 0, centro da disposição (Figura 21).

Dias et al. (2005) utilizando a irrigação localizada, verificaram que acúmulo de sais no solo é diretamente proporcional à salinidade da água utilizada, com maior concentração de sais na camada superficial e decrescente com a profundidade, resultado este, semelhante ao verificado nesta comunidade.

Na profundidade 0-20 cm a salinidade decresce à medida que afastasse do ponto 0, sendo mais evidente nessa camada mais superficial (Tabelas 21 e 22). Para a camada mais sub-superficial, 20-40 cm, esse decréscimo também ocorreu mais efetivamente a partir de 2,00 metros do ponto central de despejo do rejeito (Figura 15 D).



**Figura 21** - Área de coleta das amostras sob a influência do rejeito salino na comunidade Jacu (Francisco Dantas).

**Fonte:** Autor (2016)

De acordo com a classificação dos solos afetados por sais, 34% das amostras foram classificadas como solos salino-sódicos (Tabelas A21 a A24), no período P<sub>1</sub> somente as amostras do ponto 0 eram solos salino-sódicos, no período seguinte, período P<sub>2</sub>, elevou essa classificação também para os solos do ponto 1. Após as chuvas, que dentre as comunidades, foram as de maior volume e melhor distribuídas, todas as amostras do período P<sub>3</sub>, se classificaram como solos salinos. No retorno ao período seco, período P<sub>4</sub>, os solos tiveram aumento do íon sódio, mais somente uma amostra, ponto 2 (20-40 cm) foi classificada como solo salino-sódico.

No período P<sub>3</sub> (Junho/Julho) de 2014, considerando que este período coincide com o término do período de chuvas na região, para maioria das classes de solos analisados houve redução da condutividade elétrica, esta redução pode ser explicada pela menor salinidade das águas de rejeito do período; pelo escoamento superficial, gradiente textural das camadas, como também à lixiviação de sais e outros minerais, proporcionados pelas chuvas nos meses anteriores.

### 5.2.3 Porcentagem de Sódio Trocável (PST)

A classificação dos solos quanto à sodicidade tem por base os teores de sais solúveis e de sódio trocável. Assim, a quantidade de sódio trocável presente no solo em relação aos demais cátions adsorvidos é muito importante nos estudos de solos afetados por sais, sobretudo quando há predominância do íon sódio em relação aos demais cátions trocáveis no complexo sortivo.

Os valores da porcentagem de sódio trocável do solo nos 4 períodos monitorados, coletados nos pontos 0, 1 e 2, nas camadas de 0-20 e 0-40 cm e as testemunhas, encontram-se no apêndice, nas Tabelas A1 a A28. Verifica-se nos resultados que 43% do total das amostras sobre influência do despejo do rejeito salino tiveram PST maior que 15, classificando-os em solos salino-sódico, ou seja, enquadrando-se nas condições propostas por Bohn et al. (1985) (Tabela 2): Condutividade Elétrica do extrato saturado ( $CE_{es}$ ) > 2 dS m<sup>-1</sup>; Porcentagem de sódio trocável (PST) > 15; e potencial hidrogeniônico (pH) < 8,5.

Os solos de mata nativa, isto é sem influência da disposição do rejeito, considerados neste estudo como testemunhas, em todas as comunidades rurais estudadas, foram classificados como solos normais ou salinos durante os 4 períodos ( $CE_{es}$  < ou > 2dS m<sup>-1</sup>; PST < 15 e pH < 8,5). Evidenciando que o rejeito salino depositado diretamente no solo, sem qualquer tratamento, perturba as condições naturais, modificando os parâmetros físico-químicos.

Porto et al. (2001) alertam que o rejeito dos dessalinizadores possuem potencial para contaminar os solos, mananciais hídricos e até a fauna e flora da região. Os pesquisadores também observaram a predominância de sais de sódio (Na<sup>+</sup>) e concluíram que a presença de elevada concentração de sódio solúvel pode substituir o cálcio nos sítios de troca de cátions, ocasionando a dispersão da argila no solo, contribuindo para sua diminuição da condutividade hidráulica.

Para Holanda et al. (2010), o excesso de sódio trocável, que caracterizam os solos afetados por sais como salino, salino-sódico ou sódico, dificulta a absorção de água do solo pelas plantas, induz à toxicidade de íons específicos (sódio e cloreto, principalmente), causa desequilíbrio nutricional e impede a infiltração de água no solo, provocando redução do crescimento e diminuição do rendimento das culturas. Isso implica necessidade de recuperação do solo por meio de lixiviação ou lavagem dos sais acumulados para fora da zona do sistema radicular das culturas e/ou uso de condicionadores orgânicos e químicos.

Os dados obtidos pelo teste de médias da PST, comparando este parâmetro entre os diferentes pontos (0, 1 e 2), nas duas camadas (0-20 e 20-40 cm) e entre os períodos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>) para cada comunidade rural, verificou-se que houve diferenças significativas na PST para quase todas as diferentes condições. Os solos receptores do rejeito de algumas comunidades tiveram comportamento semelhante entre a PST e a condutividade elétrica do extrato saturado (CE<sub>es</sub>), comportamento este esperado, pois indiretamente ambos expressam valores em razão dos sais presentes na solução do solo.

Em detrimento da condutividade elétrica do extrato saturado (CE<sub>es</sub>) para parte dos solos ter sido próximo ao limite de classificação proposto por Bohn et al. (1985), ou seja CE<sub>es</sub> > 2, os solos foram também classificados quanto a PST. Considera-se que o efeito da PST em solos de baixa CE é extremamente nocivo quanto à qualidade do solo, modificando a suas propriedades e agindo indiretamente na toxidez às plantas. Deste modo, os solos foram classificados também utilizando a Tabela 3 sugerida por Massoud (1979), pois essa classificação divide em 5 classes, permitindo uma melhor compreensão da PST.

De acordo com as Tabelas 23 e 24 e Figura 22 A, o teste de médias revelou que a comunidade Alagoinha (Mossoró) teve valores baixos de PST com um leve aumento na camada 20-40 cm, o que pode refletir o processo de lavagem dos sais da camada mais superficial do solo, associado a isso as características do *Argissolo*, onde a camada 20-40 cm exibiu concentração de argila, camada esta mais ativa. O ponto 0 (centro da disposição do rejeito) em relação demais pontos de distância, obteve maiores valores para os 4 períodos monitorados. Percebe-se também que houve diminuição da PST quando se compara entre os períodos extremos. Vale lembrar que, nesta comunidade, diante da seca, alguns moradores captaram a água de rejeito para utilização doméstica (limpeza da casa) e para matar a sede de pequenas criações, desta forma, diminuindo em parte a disposição do rejeito sobre o solo.

Todos os valores de PST dos solos, indiferente de ponto e camada, desta comunidade, foram abaixo de 7%, que pela classificação de Massoud (1979), são solos não sódicos. Uma explicação para esse resultado se verifica pela análise da água de rejeito

(Tabelas 15 a 18), a qual apresentou traços salinos ligeiramente superior à água bruta (Tabelas 7 a 10), no entanto com a mesma classificação, C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, o que pode ser em razão da ineficiência da membrana ou manutenção inadequada.

Na comunidade Boa Fé (Mossoró), de uma forma geral, a camada 20-40 cm revelou maiores valores de PST, tendência semelhante à de Alagoinha (Mossoró). Tal fato pode estar relacionado, provavelmente, ao acúmulo natural de sais nas regiões mais baixas onde estão localizadas as linhas de drenagem natural, ou mesmo a presença de restos vegetais e queimadas, já citadas nesta pesquisa (Figura 13). Nos períodos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> o ponto 0 exibiu as maiores PST, certamente em razão do solo da área de amostragem ser *Neossolo Quartzarênico*, que apresenta textura arenosa, sem agregado, de excelente permeabilidade, promoveu uma lenta dispersão horizontal dos sais no perfil. Avaliando os valores médios de PST incluindo todos os pontos e camadas, notou-se um incremento entre os períodos extremos, P<sub>1</sub> e P<sub>4</sub>.

**Tabela 23** - Resumo do teste de médias para a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de significância.

Ponto –		----- ALAGOINHA (Mossoró) -----			
Camada (cm)		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
0	0-20	4,77 b	6,47 a	4,27 d	4,48 c
0	20-40	5,63 b	6,14 a	5,26 c	5,26 c
1	0-20	2,94 c	5,53 a	4,68 b	2,62 d
1	20-40	3,64 c	6,02 a	5,30 b	3,31 d
2	0-20	1,62 d	4,75 a	3,45 b	1,68 c
2	20-40	1,59 d	5,04 a	4,42 b	1,98 c
Média		3,37 c	5,66 a	4,56 b	3,22 c
		----- BOA FÉ (Mossoró) -----			
0	0-20	6,10 d	12,22 b	12,97 a	10,12 c
0	20-40	12,56 c	18,07 b	21,14 a	11,11 d
1	0-20	6,87 d	15,34 a	10,07 c	10,98 b
1	20-40	6,83 d	15,23 b	14,43 c	16,97 a
2	0-20	0,16 d	12,56 b	1,14 c	16,21 a
2	20-40	0,15 d	12,50 b	1,13 c	16,28 a
Média		5,45 d	14,15 a	9,42 c	12,61 b
		----- EMA (José da Penha) -----			
0	0-20	13,43 a	9,94 c	7,77 d	11,40 b
0	20-40	13,84 a	9,88 c	7,78 d	11,41 b
1	0-20	22,21 c	27,97 a	20,05 d	22,81 b
1	20-40	31,84 a	25,37 b	16,37 c	14,99 d
2	0-20	17,43 c	22,86 a	14,60 d	20,57 b
2	20-40	24,70 a	20,42 b	17,16 d	18,91 c
Média		20,58 a	19,41 b	13,96 d	16,68 c
		----- JACU (Francisco Dantas) -----			

0	0-20	22,55 b	25,43 a	9,54 d	13,67 c
0	20-40	15,30 b	19,44 a	6,01 d	12,45 c
1	0-20	13,66 b	23,36 a	7,84 d	13,03 c
1	20-40	12,72 b	25,07 a	8,00 c	7,21 d
2	0-20	9,12 b	8,11 b	7,52 b	25,30 a
2	20-40	7,89 c	9,23 b	7,71 d	18,88 a
Média		13,54 c	18,44 a	7,77 d	15,07 b
----- JUAZEIRO (Apodi) -----					
0	0-20	9,03 a	6,56 c	4,43 d	6,77 b
0	20-40	22,37 a	9,08 b	7,06 c	6,63 d
1	0-20	25,02 a	11,30 d	18,51 b	15,98 c
1	20-40	24,64 a	12,96 c	14,75 b	10,36 d
2	0-20	19,03 c	24,15 a	12,03 d	19,71 b
2	20-40	21,37 a	17,32 b	11,68 d	12,26 c
Média		20,24 a	13,56 b	11,41 d	11,95 c
----- LAGOA RASA (Apodi) -----					
0	0-20	49,43 a	26,05 b	17,66 d	20,18 c
0	20-40	18,72 c	28,03 a	24,65 b	28,04 a
1	0-20	69,80 a	60,63 b	34,07 c	32,07 d
1	20-40	56,17 a	48,81 b	31,59 c	30,70 d
2	0-20	32,88 d	45,95 c	48,94 a	48,82 b
2	20-40	39,15 b	38,93 c	36,73 d	40,00 a
Média		44,36 a	41,40 b	32,27 d	33,30 c
----- ALAGOINHA (Pau dos Ferros) -----					
0	0-20	23,53 a	16,79 b	6,33 d	7,38 c
0	20-40	21,14 a	18,29 b	5,65 d	9,33 c
1	0-20	13,72 a	13,31 b	3,69 d	10,61 c
1	20-40	14,05 c	18,09 a	6,92 d	14,62 b
2	0-20	24,32 a	4,38 c	1,60 d	7,16 b
2	20-40	22,20 a	7,26 c	2,54 d	8,65 b
Média		16,16 a	10,35 b	3,46 d	8,46 c

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );

Período 1 = outubro/novembro (2013) - período seco, praticamente sem chuvas;

Período 2 = fevereiro/março (2014) - início do período chuvoso;

Período 3 = junho/julho (2014) - final do período chuvoso;

Período 4 = outubro/novembro (2014) - período seco, praticamente sem chuvas.

**Fonte:** Autor (2016)

Considerando a classificação de solo quanto a PST, 58% das amostras, indiferente de ponto e camada, estão na classe mediamente sódico (PST entre 11 – 20). O que pode ser um resultado preocupante considerando os incrementos ao longo do tempo, pois os valores de  $CE_{es}$  do solo cresceram aproximadamente 71% de um ano para o outro (Tabela 21), enquanto a PST teve aumento médio de 131% no mesmo período (Tabela 23). Compreendendo que os sais da solução do solo tem um efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio

trocável. Dessa forma, para uma mesma PST o risco de sodicidade será maior quanto menor for a  $CE_{es}$ .

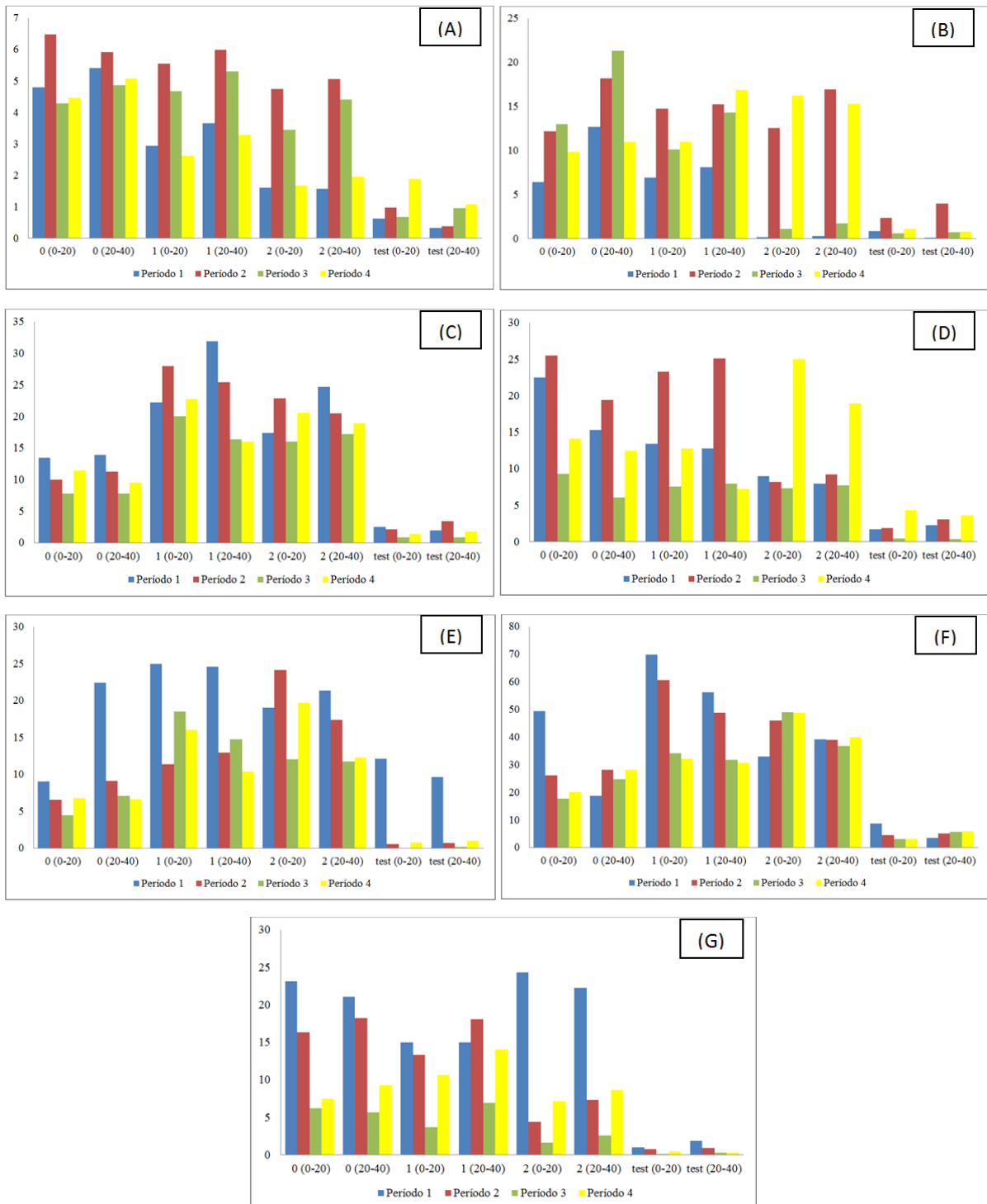
Observando os valores para Lagoa Rasa (Apodi), a influência do rejeito sobre o solo é a mais prejudicial dentre as comunidades estudadas, toda a área de amostragem foi classificada como solo salino-sódico, com valores altos de PST, com 66,6% dos pontos e camadas com valores superiores a 30% (excessivamente sódico), incrementando severas modificações nas propriedades do solo, principalmente pela dispersão da argila, o que tem causado elevadas restrições de drenagem na área.

A PST teve comportamento semelhante a  $CE_{es}$  nesta comunidade, com o período 1 (outubro/novembro - 2013) com a média mais alta entre os períodos. Quando analisado os demais períodos, notou-se que houve oscilação entre os pontos 1 e 2 com maiores PST que o ponto 0 (Figura 22 F), bem como PST mais elevada na camada 0-20 cm para todas as distâncias (Tabela 24), isso em razão do alagamento da área que não permitia se firmar a frente de umedecimento, comumente com maiores acúmulos de sais.

Em Ema (José da Penha) a PST atingiu os maiores valores nos pontos 1 e 2 para as duas camadas, em todos os períodos (Figura 22 C). Tendência similar a da  $CE_{es}$  do solo. Esta regularidade também ocorreu em Juazeiro (Apodi), onde em ambas as comunidades o rejeito foi aplicado em sulco (Figura 15). 29,2% dos solos da área de amostragem de Ema, obtiveram PST na classe fortemente sódicos (21 – 30) e 50,0% em medianamente sódicos (11 – 20). No período pós-chuvas ( $P_3$ ) houve redução significativa da PST do solo em todos os pontos e camadas, em detrimento das chuvas nos anteriores que somadas se aproximaram de 400 mm, lixiviando parte dos sais, contribuindo para redução da PST. Comparando o intervalo de um ano, entre  $P_1$  e  $P_4$ , houve decréscimos médios de 23,38% da PST, corroborando que as chuvas desempenham uma ação importante em contraste ao rejeito.

Diante desses resultados, é importante destacar também, que o solo na comunidade Ema é o *Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico*. A maioria desses solos se caracteriza por baixa capacidade de drenagem e elevados teores de argila (aproximadamente 30% nas duas camadas). Pouco profundo e não ultrapassava os 40 cm em alguns pontos, atingindo uma camada rochosa caracterizada pela ocorrência de fraturas que, em muitos casos, pode auxiliar o processo de lavagem ou lixiviação dos sais que se acumulam no perfil do solo.





**Figura 22** - Valores de PST (%) do solo nos períodos de coleta, em função da distância e camada nas comunidades rurais: (A) Alagoinha; (B) Boa Fé; (C) EMA; (D) Jacu; (E) Juazeiro; (F) Lagoa Rasa; (G) Alagoinhas – P. dos Ferros.

Fonte: Autor (2016)

Em Jacu (Francisco Dantas), a camada mais superficial, 0-20 cm, ocorreram os maiores valores de PST, havendo decréscimos para a camada subsuperficial, 20-40 cm, de um modo geral (Tabela 23). De acordo com o resumo do teste de médias para a PST, pelo desdobramento da interação das profundidades dentro da distância e a distância nas



profundidades (Tabela 24) essa tendência é notória. Os maiores valores encontrados de PST foram no ponto de despejo, ponto 0, à medida que se distanciava para os pontos 1 e 2, decrescia a PST nas duas camadas. Amorin et al. (2010) verificaram comportamento parecido em solos do perímetro irrigado Califórnia, Sergipe, ocorrendo decréscimos da PST pela distância e profundidade em relação as linhas de irrigação.

O solo da comunidade Jacu é bem drenado, facilitando a lixiviação dos sais, no entanto, talvez em razão da camada superficial apresentar maior quantidade de argila (9,2%) que a camada 20-40 cm (7,3%), ambas de classe textural franco-argilo-arenosa. Ao longo dos períodos houve oscilação da PST para todos os pontos e camadas, muito em razão da precipitação pluvial, porém, quando se analisa os períodos semelhantes, que se refere o início e o final do monitoramento, nota-se acréscimos da PST do solo, tendência esta, verificada em outras comunidades. Da área amostral, 20,8% dos solos foram classificados como fortemente sódicos, 33,3% medianamente sódicos, ou seja, mais da metade da área amostral apresenta riscos/problemas quanto a PST. Esses percentuais podem ser aumentados, ponderando que houve elevação da PST entre um ano e o outro.

**Tabela 24** - Resumo do teste de médias para a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de significância

Camada (cm) / Ponto	Comunidades						
	ALAGOINHA (Mossoró)	BOA FÉ (Mossoró)	EMA (José da Penha)	JACU (Francisco Dantas)	JUAZEIRO (Apodi)	LAGOA RASA (Apodi)	ALAGOINHA (Pau dos Feros)
----- Interação das camadas dentro da distância 0 -----							
0 – 20	6,45 a	10,35 a	9,91 b	17,81 a	6,69 b	28,33 a	13,50 a
20 – 40	5,91 b	15,72 b	11,21 a	13,32 b	11,27 a	24,86 b	13,60 a
----- Interação das camadas dentro da distância 1 -----							
0 – 20	5,55 b	10,81 b	28,01 a	14,47 a	17,70 a	49,14 a	10,33 b
20 – 40	5,99 a	13,36 a	25,36 b	13,25 b	15,67 b	41,81 b	13,42 a
----- Interação das camadas dentro da distância 2 -----							
0 – 20	4,73 b	7,51 a	22,85 a	12,51 a	18,73 a	44,14 a	9,47 a
20 – 40	5,06 a	7,52 a	20,42 b	10,94 b	15,65 b	38,70 b	10,16 a
----- Interação das camadas dentro da testemunha -----							
0 – 20	0,98 a	1,25 b	2,14 b	2,17 a	3,54 a	4,75 a	1,03 a
20 – 40	0,39 b	1,50 a	3,38 a	2,05 a	3,51 a	4,99 a	1,18 a
----- Interação das distâncias dentro da camada 0 - 20 -----							
0	6,48 a	10,35 a	9,91 c	17,81 a	6,69 c	28,33 c	13,50 a
1	5,55 b	10,81 a	28,01 a	14,47 b	17,70 b	49,14 a	10,33 b
2	4,73 c	7,51 b	22,85 b	12,51 c	18,73 a	44,14 b	9,47 c
Testemunha	0,98 d	1,50 c	2,14 d	2,17 d	3,54 d	4,75 d	1,03 d
----- Interação das distâncias dentro da camada 20 - 40 -----							
0	5,91 a	15,72 a	11,21 c	13,32 a	11,27 b	24,86 c	13,60 a
1	5,99 a	13,36 b	25,36 a	13,25 a	15,67 a	41,81 a	13,42 a
2	5,06 b	7,52 c	20,42 b	10,94 b	15,65 a	38,70 b	10,16 b
Testemunha	0,39 c	1,50 d	3,38 d	2,05 c	3,51 c	4,99 d	1,18 c

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ );

Fonte: Autor (2016)

Analisando a PST nos solos da comunidade Juazeiro (Apodi), o período  $P_1$  foi o que apresentou os maiores valores de PST entre os períodos (Figura 22 C), decrescendo no decorrer do tempo, chegando as menores PST no período  $P_3$  (pós-chuvas). No período seguinte,  $P_4$  (período seco), a PST voltou a crescer, no entanto, quando comparado ao ano anterior, houve reduções em todos os pontos e camadas, comportamento similar a  $CE_{es}$ . No desdobramento da interação entre as camadas e os pontos, notou-se que o ponto 0, a camada 20-40 cm teve maior PST que a camada mais superficial e no ponto 1 e 2, a camada 0-20 cm sobressaiu com PST mais elevadas. Muito dessa resposta em função ao umedecimento do solo, mantendo maiores PST nas periferias do “bulbo molhado”.

Em razão a elevada quantidade de areia do solo da área de amostragem desta comunidade, *Neossolo Flúvico* com 86,1 e 82,2%, para as camadas 0-20 e 20-40, respectivamente, percebendo um solo sem formação de agregado (solto), certamente está ocorrendo lixiviação em maiores profundidades que estas camadas monitoradas, principalmente no ponto 0, centro do despejo. Classificando os solos quanto a PST, destaca-se que 20,8% da área amostral classificou-se na classe fortemente sódicos e 45,8% em medianamente sódicos, muito desse percentual nos dois primeiros períodos,  $P_1$  e  $P_2$ , reduzindo após as chuvas da região.

Nos solos de Alagoinhas (P. dos Ferros), *Neossolo regolítico*, diante do teste de médias, a PST durante o ciclo, concentrou os maiores percentuais no  $P_1$  e os menores no  $P_3$ , Análogo ao ocorrido em Juazeiro. Entre os pontos e camadas verificou-se uma tendência de redução da PST ao passo que se distância do ponto 0 para as duas camadas (Tabela 24). A redução da PST entre o  $P_1$  e  $P_4$  foi bastante significativa acompanhando os valores de sódio ( $Na^+$ ) da água de rejeito, que também decresceu durante o ciclo. Novamente à de ponderar o efeito das chuvas na lixiviação dos sais como também na recarga do aquífero, assim como o nível do terreno, sendo a área de despejo do rejeito salino maior que as imediações, possivelmente carreando os sais para os pontos mais baixos. Nos solos da área amostral, 33,3% estão na classe medianamente sódicos e 16,6% em fortemente sódicos ao classifica-los segundo sua porcentagem de sódio trocável (PST), necessitando de melhor manejo do rejeito para que combinado com os fatores naturais, como as precipitações pluviais, proporcione redução da PST no solo da área de despejo e entorno.

## 6 CONCLUSÕES

Quanto ao risco potencial de salinização do solo pela técnica da irrigação, constatou-se que 49% das águas de poços foram classificadas na classe  $C_3$ , sendo 42% como  $C_3S_1$  e 7% em  $C_3S_2$ .

De um modo geral, foi evidenciando a eficiência das membranas dos dessalinizadores, em que, 68% do total das amostras durante os 4 períodos estudados estão na classe de classificação  $C_1S_1$ ; 25% na classe  $C_2S_1$  e; apenas 7% na classe  $C_3S_1$ .

Com relação ao rejeito gerado, 93% das amostras de água de rejeito das comunidades se classificaram como  $C_3$  ou  $C_4$  nos quatro períodos de coleta, ou seja, águas de alto ou extremamente alto risco de salinização.

Referente aos riscos de toxicidade as plantas por íons de  $Na^+$  ou  $Cl^-$ , 64% das amostras de água de poço foram classificadas como  $T_3$  e do rejeito salino 88% foram classificadas em  $T_3$ , isto é, de risco severo de toxicidade às plantas.

Em 71% das amostras de água de rejeito, não apresentam, à princípio, risco de problemas de infiltração ( $S_1$ ) caso sejam aplicadas no solo. Esta qualificação deve-se ao fato dessas amostras apresentarem elevada CE pela presença de outros sais diferentes do sódio, que proporcionam floculação das micelas do solo, efeito inverso ao do sódio.

De uma forma geral, para todas as comunidades, indiferente da distância de amostragem e profundidade da camada, os solos receptores do rejeito salino apresentaram predominância de valores de pH próximos a neutralidade ou moderadamente alcalino.

Ocorreram incrementos em alguns íons como  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  e  $HCO_3^-$  no período de fevereiro/março ( $P_2$ ) refletindo no aumento da condutividade elétrica para a maioria dos solos, como também, na percentagem de sódio trocável.

As diferentes classes de solos receptores do rejeito salino das comunidades apresentaram alterações significativas dos seus atributos e sua qualidade ao longo dos períodos, sendo mais evidente nos períodos secos e camadas de solos com maior presença de argila, promovendo classificações distintas para um mesmo solo, influenciadas diretamente pela água de rejeito do processo de dessalinização.

## 7 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. EMBRAPA Cruz das Almas, 2010, 234p. Disponível em: [http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro\\_qualidade\\_agua.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro_qualidade_agua.pdf) acesso em: 20 junho de 2016

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. J.; SILVA JÚNIOR, L. G. **Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia Koina (*Oreochomissp.*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Saneamento ambiental: Desafios para o século 21. João Pessoa: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001. CD-ROM.

AMORIM, J. R. A. de; RESENDE, R. S.; CRUZ, M. A. S. et al. **Espacialização da Porcentagem de Sódio Trocável do Solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros, 2010. 19p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim Técnico, 61).

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. J.; SILVA JÚNIOR, L. G. **Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia koina (*Oreochromis sp.*)**. <http://www.cepis.ops-oms.org/indexpor.html>. 10 Jul. 2004

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; SILVA JÚNIOR, L. G. A. **Evaporação solar como alternativa de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa**. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/>. Acesso em: 08 de março de 2016.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; SILVA JÚNIOR, L. G. A.; LIBERAL, G. S. Efeitos de sais no solo provenientes de rejeitos da dessalinização por osmose inversa no semi-árido pernambucano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande, PB. **Resumos...** Campina Grande, UFPB, 1997. (CD). aresidua/i-007.pdf. 10 Jul. 2004.

ANDERS, C. R. **Caracterização química da água de dessalinizadores e dos solos sob a influência do rejeito salino em Mossoró ó RN**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Semi-árido. 2013.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F. & Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, na cultura do melão**. Botucatu, 2002. 124f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2002.

BASTOS, D.C.O. **Manejo da salinidade em irrigação localizada: análise da alternativa**

**de lixiviação incompleta.** 2004. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

BELTRÁN, J. M.; KOO-OSHIMA, S. Water desalination for agricultural applications. **Land and water discussion paper 5**, Itália, 2006,49p.

BEZERRA, B. G.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica.** v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.

BOHN, H. L.; McNELL, B.L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry.** 2ed. New York: John Wiley & Sons, 341 p. 1985.

CONAMA N<sup>a</sup> 357/2005 – “**Dispões sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso: em 01 de julho de 2016.

COSME, C. R. **Avaliação da qualidade da água proveniente das estações de tratamento de água salobra na zona rural do município de Mossoró-RN.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semiárido. 2011

DIAS; N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza, INCT Sal, 2010. Cap. 9, p. 130 - 140.

DIAS, N. S. **Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais.** Piracicaba: ESALQ/USP/LER. 2003.

DIAS, N. S. et. al. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n4. p. 496-504, 2005.

DIAS, N. S. et al. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.14, p.755-761. 2010.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análises de solo.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p. 2011.

DUBON, J. A. M.; PINHEIRO, J. C. V. Aproveitamento de Águas Residuais Provenientes de Dessalinizadores Instalados no Estado do Ceará. In: **III Encuentro de las Aguas, 2001,** Santiago- Chile. III Encuentro de las Aguas - Agua, Vida y Desarrollo. Santiago- Chile: IICA - (Diseño y Producción [www.PLOTDESIGN.com](http://www.PLOTDESIGN.com)), 2001

FAO. **Global Network on integrated soil manegement for sustainable use of salt-affected soils.** 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. Acesso em 23 abril 2015.

GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeito dos sais sobre as plantas. In **Manejo e controle da**

**salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande, PB: UFPB,. p. 125-131, 1997.

GURGEL, M. T. **Viabilidade agroeconômica do uso de água salina no cultivo do meloeiro.** Campina Grande, 2006. 192p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

IBGE. **Censo Demográfico 2000** – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2003. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default\\_populacao.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_populacao.shtm). Acesso: 02 de junho de 2014.

IBGE. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1ª de julho de 2015.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 28 de agosto de 2014. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm) Acesso: em 02 de junho de 2016.

IBGE. **Mapa de Solos Temáticos ó Rio Grande do Norte.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso: em 15 de agosto de 2015.

EMPARN. **Monitoramento pluviométrico.** Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://189.124.201.150/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso: 20 de janeiro de 2016.

ERNESTO SOBRINHO, F. **Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979. 133 p. (Tese de Mestrado).

HENTHORNE, L. **Desalination ó a critical element of water solutions for the 21st century, The International Desalination Association Drinking Water – Sources, Sanitation and Safeguarding.** Pag 48. 2009.

HIRATA, R. C. A; FERREIRA, L. M. R. Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. **Revista Brasileira de Geociências.** Volume 31(1):43-50, março de 2001.

HOEPNER, T.; LATTEMANN, S. Chemical impacts from seawater desalination plants: a case study of the northern Red Sea. **Desalination, Amsterdam,** v.152, n.1-3, p.133-140. 2002.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de; FERREIRA NETO, M. et al. **Qualidade da água para irrigação.** In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal/CNPq, 2010. cap. 4, p. 41-60

HOLANDA, J. S. **Manejo de solos salino-sódico na região do baixo Açu ó RN.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 84p. Tese Doutorado

HOLANDA, J. S., Amorim, J. R. A. **Qualidade da água para irrigação.** EMPARN / EMBRAPA, Natal, RN. 1992

HOTHEM, R.; OHLENDORF, H. **Contaminants in foods of aquatic birds at Kesterton Reservoir, California, 1985**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, New York, v.18, n.6, p.773-786. 1989.

JUAN, J. A. M. S. **Desalación de aguas salobres y de mar: osmose reversa**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000, 395 p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p. Francisco Hevilásio F. Pereira, **Trocas Gasosas em Plantas de Tomateiro Submetidas a Condições Salinas**.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: EDUSP. 2005. 344p.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronomia Ceres, 4º Edição, São Paulo, p. 255, 1979.

MASSOUD, F. I. **A note on the need for accented definitions and method of characterization of salts affected soils**. In: REUNION DA LA SUBCOMISION DE SUELOS SALINOS. Sevilla: Iryda, 1971.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo ôGATö nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB/CCT/DEAg. Dissertação Mestrado, 1992.

MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MENDES, B. V. **Alternativas tecnológicas para a agropecuária do Semi-Árido**. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 1986, 171 p.

MICKLEY, M. C. **Desalination concentrate management and issues in the United States**. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/Desalination/Desal/proceedings/Mickley.pdf>. 15 out. 2004. Acesso: 25 abril de 2016

NUNES, F. J. et al. **Qualidade da água de açudes, para fins de irrigação no sertão de Pernambuco**. Irrigação e Tecnologia Moderna, n. 44, p. 35-39, 1991.

OLIVEIRA, A. M. **Potencial de utilização agrícola das águas ôsalobrasö e residuárias da dessalinização por osmose reversa**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2011.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

OLIVEIRA, H. A.; BEZERRA, H. N.; ARAÚJO, J. M. S.; TAVARES, L. A. F.. Qualidade de águas de poços dos assentamentos da chapada do Apodi-RN para o uso na agricultura.



**HOLOS**, Ano 29, v. 1, p. 64-72. 2013.

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

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2.ed. Madrid: Editorial Española S. A.,1985. 542p.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA JÚNIOR, L. G. A. Uso do rejeito de dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira da Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 111-114, 2001.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; ARAÚJO, O. J. **Potencialidades da erva-sal (*Atriplex numulária*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização**. Disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/aresidua/x-003.pdf>. Acesso em 10 jul. 2004.

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: **Águas Doces do Brasil ó capital ecológico, uso e conservação**. p. 117 – 151. Editores: A. C. Rebouças, B. Braga, e J. G. Tundisi. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Escrituras editora. São Paulo. 1999.

RHOADES, J. D., KANDIAH, A., MASHAL, A. M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO, 133p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 48), 1992

RICHARDS, L.A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RILEY, J.J.; FITZSIMMONS, K.M.; GLENN, E.P. Halophyte irrigation: an overlooked strategy for management of membrane fraction concentrate. **Desalination**, v.110, n.3, p.197-211. 1997.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa. SBCS. Embrapa Solos, 2005, 100p.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL A. de F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal/MCT/CNPq). Fortaleza, 2010.

SEMARH - Secretaria de estado de meio ambiente e dos recursos hídricos - **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. (relatório síntese) Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2014.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.

SOARES, T. M.. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro.** Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

SOUZA, F. I. et al. Agricultural potential of reject brine from water desalination. **African Journal of Agricultural.** v.10, p.4713-4717. 2015

SUASSUNA, J. **Água potável no semi-árido: escassez anunciada.** Disponível em <http://www.fundaj.gov.br>. Acesso em 12 jan. 2014.

SUDENE. **O nordeste semi-árido e o polígono das secas.** Disponível em <http://www.sudene.gov.br>. Acesso em 12 jan. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAN, K. H. **Principles of soil chemistry.** New York: Marcel Dekker, 1982. 267p

TERCEIRO NETO, C. P. C. **Estratégia de manejo de água salina na irrigação do meloeiro ãpele de sapo.** Tese (Doutorado em Eng. Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

## 8 APÊNDICE

**Tabela A 1** - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,30	3,56	20,1	296,4	95,7	4,00	3,50	0,00	0,00	8,67	8,67	8,67	100	0	5	Salino
0	20 – 40	8,20	4,79	18,9	326,7	105,6	3,80	3,40	0,00	0,00	8,49	8,49	8,49	100	0	5	Salino
1	0 – 20	7,40	1,89	65,6	195,4	46,5	4,50	1,70	0,00	0,00	6,90	6,90	6,90	100	0	3	Normal
1	20 – 40	7,50	1,99	27,4	195,4	64,5	5,00	1,90	0,00	0,00	7,68	7,68	7,68	100	0	4	Normal
2	0 – 20	7,00	0,68	18,7	185,3	20,5	3,70	1,30	0,00	0,00	5,56	5,56	5,56	100	0	2	Normal
2	20 – 40	6,90	0,27	10,3	205,5	23,5	4,00	1,90	0,00	0,00	6,53	6,53	6,53	100	0	2	Normal
Testemunha	0 – 20	6,60	1,06	22,2	124,7	8,6	4,40	1,30	0,00	0,00	6,06	6,06	6,06	100	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	6,20	0,54	10,7	100,3	5,6	4,60	2,60	0,00	0,00	7,48	7,48	7,48	100	0	0	Normal

**Tabela A 2** - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,25	1,98	3,0	71,0	114,4	4,50	2,50	0,00	0,00	7,68	7,68	7,68	100	0	6	Normal
0	20 – 40	8,05	1,48	6,3	77,1	102,4	4,40	2,50	0,00	0,00	7,54	7,54	7,54	100	0	6	Normal
1	0 – 20	8,51	1,43	14,3	53,9	77,5	3,80	1,80	0,00	0,00	6,07	6,07	6,07	100	0	6	Normal
1	20 – 40	8,43	1,55	4,7	64,0	103,4	4,50	2,40	0,00	0,00	7,51	7,51	7,51	100	0	6	Normal
2	0 – 20	8,50	1,43	29,8	80,1	75,5	4,60	1,80	0,00	0,00	6,93	6,93	6,93	100	0	5	Normal
2	20 – 40	8,45	1,48	24,5	85,2	88,4	4,90	2,10	0,00	0,00	7,60	7,60	7,60	100	0	5	Normal
Testemunha	0 – 20	7,75	1,36	8,8	407,4	15,8	5,10	0,80	0,00	0,00	7,01	7,01	7,01	100	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	7,57	1,21	25,6	326,7	5,8	4,80	1,00	0,00	0,00	6,66	6,66	6,66	100	0	0	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 3** - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB -----	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,80	1,51	6,8	59,4	58,1	3,40	2,10	0,00	0,00	5,90	5,90	5,90	100	0	4	Normal
0	20 – 40	7,90	1,82	4,5	55,1	80,3	3,40	3,30	0,00	0,00	7,19	7,19	7,19	100	0	5	Normal
1	0 – 20	7,94	1,66	15,5	55,1	72,6	4,70	1,60	0,00	0,00	6,76	6,76	6,76	100	0	5	Normal
1	20 – 40	7,88	2,22	3,0	51,9	100,7	5,00	2,70	0,00	0,00	8,27	8,27	8,27	100	0	5	Salino
2	0 – 20	8,15	1,66	20,6	70,0	63,9	5,90	1,70	0,00	0,00	8,06	8,06	8,06	100	0	3	Normal
2	20 – 40	8,01	1,95	6,7	82,8	78,4	5,20	2,00	0,00	0,00	7,75	7,75	7,75	100	0	4	Normal
Testemunha	0 – 20	6,72	0,75	11,7	137,0	12,5	5,60	0,20	0,00	1,98	6,20	6,20	8,18	76	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	6,43	0,74	12,6	164,6	18,4	5,70	0,20	0,00	1,98	6,40	6,40	8,38	76	0	1	Normal

**Tabela A 4** - Análise química do solo de Alagoinha (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB -----	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,00	1,13	9,3	61,5	63,9	3,90	1,90	0,00	0,00	6,24	6,24	6,24	100	0	4	Normal
0	20 – 40	8,27	1,62	2,5	62,5	95,4	4,60	3,00	0,00	0,00	8,18	8,18	8,18	100	0	5	Normal
1	0 – 20	8,35	0,83	30,9	86,9	40,3	4,20	2,10	0,00	0,00	6,70	6,70	6,70	100	0	3	Normal
1	20 – 40	8,31	0,87	3,3	45,6	50,2	3,70	2,60	0,00	0,00	6,63	6,63	6,63	100	0	3	Normal
2	0 – 20	8,12	0,68	22,0	58,3	28,5	5,10	2,00	0,00	0,00	7,37	7,37	7,37	100	0	2	Normal
2	20 – 40	8,23	0,54	33,7	58,3	28,5	4,60	1,50	0,00	0,00	6,37	6,37	6,37	100	0	2	Normal
Testemunha	0 – 20	7,13	1,43	11,6	180,2	29,5	5,30	0,90	0,00	0,00	6,79	6,79	6,79	100	0	2	Normal
Testemunha	20 – 40	7,21	0,47	1,9	92,2	10,8	3,50	0,60	0,00	0,00	4,38	4,38	4,38	100	0	1	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 5** - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoro) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,04	3,75	10,3	22,3	70,2	2,40	2,00	0,00	0,00	4,76	4,76	4,76	100	0	6	Salino
0	20 – 40	7,19	3,45	7,5	22,3	101,9	1,80	1,20	0,00	0,00	3,50	3,50	3,50	100	0	13	Salino
1	0 – 20	5,33	3,62	2,8	34,7	44,0	1,10	1,40	0,00	0,00	2,78	2,78	2,78	100	0	7	Salino
1	20 – 40	5,14	4,04	2,6	37,8	90,5	1,40	2,80	0,05	0,17	4,69	4,74	4,86	97	1	8	Salino
2	0 – 20	4,50	0,13	4,3	40,9	0,7	0,50	1,50	0,05	0,08	2,11	2,16	2,19	96	2	0	Normal
2	20 – 40	4,39	0,12	2,6	42,0	1,7	0,50	1,60	0,15	0,50	2,21	2,36	2,71	82	6	0	Normal
Testemunha	0 – 20	4,12	0,87	39,8	53,5	2,8	0,30	0,70	0,15	0,33	1,15	1,30	1,48	78	12	1	Normal
Testemunha	20 – 40	4,06	0,12	3,8	42,0	0,7	0,20	0,90	0,25	1,49	1,21	1,46	2,70	45	17	0	Normal

**Tabela A 6** - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,60	6,25	13,2	28,4	136,0	2,80	1,40	0,00	0,00	4,86	4,86	4,86	100	0	12	Salino
0	20 – 40	7,76	5,71	0,4	25,2	136,0	1,80	0,80	0,00	0,00	3,26	3,26	3,26	100	0	18	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,84	5,25	3,5	23,1	113,8	2,00	0,80	0,00	0,00	3,35	3,35	3,35	100	0	16	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,85	5,71	0,4	26,3	147,6	1,90	1,60	0,00	0,00	4,21	4,21	4,21	100	0	15	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,15	5,37	3,2	23,1	133,8	2,70	1,30	0,00	0,00	4,64	4,64	4,64	100	0	13	Salino
2	20 – 40	8,25	5,00	0,4	21,1	124,3	2,00	0,60	0,00	0,00	3,19	3,19	3,19	100	0	17	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,90	1,12	3,8	56,6	20,8	1,40	0,90	0,00	1,32	2,54	2,54	3,86	66	0	2	Normal
Testemunha	20 – 40	5,75	0,59	1,1	54,5	18,6	0,60	0,40	0,05	0,83	1,22	1,27	2,05	60	4	4	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 7** - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	t	CTC	V	m %	PST	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,53	6,75	11,0	19,0	183,0	4,20	1,10	0,00	0,00	6,14	6,14	6,14	100	0	13	Salino
0	20 – 40	7,50	7,02	6,1	22,2	196,6	2,00	1,10	0,00	0,00	4,01	4,01	4,01	100	0	21	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,70	3,62	18,2	21,1	81,3	2,10	1,00	0,00	0,00	3,51	3,51	3,51	100	0	10	Salino
1	20 – 40	7,75	3,57	14,9	16,9	86,2	2,20	0,00	0,00	0,00	2,62	2,62	2,62	100	0	14	Salino
2	0 – 20	6,21	0,63	5,4	41,3	8,7	1,20	0,70	0,00	1,32	2,04	2,04	3,36	61	0	1	Normal
2	20 – 40	6,17	0,71	6,1	40,3	10,6	1,10	0,40	0,00	0,99	1,65	1,65	2,64	62	0	2	Normal
Testemunha	0 – 20	5,21	0,63	6,7	49,8	5,8	1,10	0,80	0,05	1,98	2,05	2,10	4,03	51	2	1	Normal
Testemunha	20 – 40	4,74	0,59	3,1	59,4	6,7	1,20	0,70	0,15	1,98	2,08	2,23	4,06	51	7	1	Normal

**Tabela A 8** - Análise química do solo de Boa Fé (Mossoró) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	t	CTC	V	m %	PST	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,43	4,25	24,7	37,1	176,1	6,10	0,80	0,00	0,00	7,76	7,76	7,76	100	0	10	Salino
0	20 – 40	7,62	4,16	10,7	22,3	140,7	3,70	1,20	0,00	0,00	5,57	5,57	5,57	100	0	11	Salino
1	0 – 20	7,73	3,50	7,7	17,0	103,3	2,90	0,70	0,00	0,00	4,09	4,09	4,09	100	0	11	Salino
1	20 – 40	8,31	4,16	1,4	19,1	119,0	1,50	1,00	0,00	0,00	3,07	3,07	3,07	100	0	17	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,05	5,87	10,9	29,7	150,5	2,40	0,90	0,00	0,00	4,03	4,03	4,03	100	0	16	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,23	3,92	2,9	21,2	123,0	2,10	0,80	0,00	0,00	3,49	3,49	3,49	100	0	16	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,30	0,63	2,5	36,0	3,9	1,00	0,10	0,00	0,33	1,21	1,21	1,54	79	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	4,95	0,35	4,0	23,3	2,9	0,70	0,20	0,05	0,66	0,97	1,02	1,63	60	5	1	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 9** - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol/dm <sup>3</sup>	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,54	7,10	33,0	85,5	1621,3	3,45	3,55	0,00	0,00	14,27	14,27	14,27	100	0	49	Salino-Sódico
0	20 – 40	8,50	2,56	20,2	68,9	971,8	5,45	12,75	0,00	0,00	22,60	22,60	22,60	100	0	19	Salino-Sódico
1	0 – 20	8,90	13,90	28,6	73,9	2915,5	4,85	0,45	0,00	0,00	18,17	18,17	18,17	100	0	70	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,60	13,20	29,6	158,0	2855,0	6,75	2,55	0,00	0,00	22,12	22,12	22,12	100	0	56	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,53	5,86	34,9	172,0	1298,9	7,55	3,55	0,00	0,00	17,19	17,19	17,19	100	0	33	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,51	6,25	40,6	112,3	1863,0	7,95	4,35	0,00	0,00	20,69	20,69	20,69	100	0	39	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	5,90	1,17	30,6	82,5	387,5	7,75	10,05	0,00	0,00	19,70	19,70	19,70	100	0	9	Normal
Testemunha	20 – 40	6,50	1,94	24,7	162,0	175,9	8,15	13,55	0,00	0,00	22,88	22,88	22,88	100	0	3	Normal

**Tabela A 10** - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol/dm <sup>3</sup>	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,60	2,57	21,6	102,4	1092,7	11,00	2,20	0,00	0,00	18,21	18,21	18,21	100	0	26	Salino-Sódico
0	20 – 40	8,70	2,70	17,8	59,9	1445,3	13,80	2,20	0,00	0,00	22,44	22,44	22,44	100	0	28	Salino-Sódico
1	0 – 20	9,00	11,56	19,7	132,2	2666,1	5,60	1,60	0,00	0,00	19,13	19,13	19,13	100	0	61	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,88	8,95	31,7	72,6	2363,9	7,70	2,90	0,00	0,00	21,07	21,07	21,07	100	0	49	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,93	7,65	22,6	122,3	1939,0	6,60	3,00	0,00	0,00	18,35	18,35	18,35	100	0	46	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,70	7,77	29,3	69,9	1960,9	9,50	3,70	0,00	0,00	21,91	21,91	21,91	100	0	39	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,45	0,70	30,4	91,8	167,7	12,10	3,50	0,00	0,00	16,56	16,56	16,56	100	0	4	Normal
Testemunha	20 – 40	6,30	1,38	35,0	83,8	246,5	15,60	4,40	0,00	0,00	21,29	21,29	21,29	100	0	5	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 11** - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,83	3,51	56,7	55,1	500,7	8,00	2,00	0,00	0,00	12,32	12,32	12,32	100	0	18	Salino-Sódico
0	20 – 40	8,72	3,61	28,1	48,8	987,0	8,30	4,70	0,00	0,00	17,42	17,42	17,42	100	0	25	Salino-Sódico
1	0 – 20	8,86	5,93	61,4	62,4	1113,5	6,10	3,10	0,00	0,00	14,20	14,20	14,20	100	0	34	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,67	7,15	21,1	30,5	1452,5	8,40	5,20	0,00	0,00	20,00	20,00	20,00	100	0	32	Salino-Sódico
2	0 – 20	9,11	7,42	24,7	83,7	1568,7	3,90	3,00	0,00	0,00	13,94	13,94	13,94	100	0	49	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,65	7,08	13,3	30,5	1704,3	4,90	7,80	0,00	0,00	20,19	20,19	20,19	100	0	37	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,11	2,73	22,0	86,0	140,4	16,50	1,80	0,00	1,65	19,13	19,13	20,78	92	0	3	Salino
Testemunha	20 – 40	6,21	5,20	7,3	37,1	344,8	19,80	4,00	0,00	1,16	25,39	25,39	26,55	96	0	6	Salino

**Tabela A 12** - Análise química do solo de Lagoa Rasa (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	9,11	2,81	45,5	74,1	649,2	6,40	4,60	0,00	0,00	14,01	14,01	14,01	100	0	20	Salino-Sódico
0	20 – 40	9,17	3,47	23,3	63,5	1229,8	10,60	3,00	0,00	0,00	19,11	19,11	19,11	100	0	28	Salino-Sódico
1	0 – 20	9,49	3,43	26,0	58,3	881,7	5,20	2,80	0,00	0,00	11,98	11,98	11,98	100	0	32	Salino-Sódico
1	20 – 40	9,00	3,81	5,9	31,7	1515,2	11,30	3,50	0,00	0,00	21,47	21,47	21,47	100	0	31	Salino-Sódico
2	0 – 20	9,53	4,53	31,0	95,3	1653,0	5,00	2,30	0,00	0,00	14,73	14,73	14,73	100	0	49	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,81	6,52	16,3	52,9	2194,2	8,80	5,40	0,00	0,00	23,88	23,88	23,88	100	0	40	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,11	2,73	20,7	85,9	142,7	16,50	1,80	0,00	1,65	19,14	19,14	20,79	92	0	3	Salino
Testemunha	20 – 40	6,21	5,20	4,5	37,1	350,3	19,80	4,00	0,00	1,16	25,42	25,42	26,57	96	0	6	Salino

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)



**Tabela A 13** - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,40	4,86	35,1	89,1	73,6	1,60	1,40	0,00	0,00	3,55	3,55	3,55	100	0	9	Salino
0	20 – 40	7,50	5,00	12,8	106,0	197,1	1,60	1,10	0,00	0,00	3,83	3,83	3,83	100	0	22	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,60	14,30	74,7	242,0	376,7	1,80	2,50	0,00	0,00	6,56	6,56	6,56	100	0	25	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,60	7,76	63,6	231,5	292,2	2,00	1,30	0,00	0,00	5,16	5,16	5,16	100	0	25	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,10	16,25	48,7	179,2	408,4	4,90	2,20	0,00	0,00	9,33	9,33	9,33	100	0	19	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,10	17,50	18,4	158,3	387,3	4,00	1,80	0,00	0,00	7,89	7,89	7,89	100	0	21	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,30	2,36	24,8	132,6	7,7	2,20	1,40	0,00	0,33	3,97	3,97	4,30	92	0	1	Salino
Testemunha	20 – 40	7,40	1,31	8,8	150,8	8,7	2,00	1,30	0,00	0,17	3,72	3,72	3,89	96	0	1	Normal

**Tabela A 14** - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,55	4,72	40,1	87,0	71,5	2,50	1,70	0,00	0,00	4,73	4,73	4,73	100	0	7	Salino
0	20 – 40	7,65	4,34	4,2	106,8	79,9	2,00	1,20	0,00	0,00	3,82	3,82	3,82	100	0	9	Salino
1	0 – 20	7,80	7,63	43,8	200,1	144,2	3,30	1,10	0,00	0,00	5,54	5,54	5,54	100	0	11	Salino
1	20 – 40	7,78	7,10	44,4	166,5	168,7	3,10	1,40	0,00	0,00	5,66	5,66	5,66	100	0	13	Salino
2	0 – 20	7,07	31,25	25,8	252,4	799,4	7,00	3,10	0,00	0,16	14,22	14,22	14,39	99	0	24	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,33	13,02	28,3	210,6	345,0	4,50	2,10	0,00	0,00	8,64	8,64	8,64	100	0	17	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,96	0,83	56,1	115,2	6,0	2,60	0,90	0,00	1,16	3,82	3,82	4,98	77	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	6,96	0,65	0,0	190,5	8,1	2,70	0,70	0,00	0,99	3,92	3,92	4,91	80	0	1	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 15** - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	t	CTC	V	m	PST	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,62	3,19	75,6	56,2	34,8	2,80	0,30	0,00	0,00	3,40	3,40	3,40	100	0	4	Salino
0	20 – 40	7,39	4,73	72,6	67,9	67,8	3,00	0,70	0,00	0,00	4,17	4,17	4,17	100	0	7	Salino
1	0 – 20	7,12	12,50	80,3	93,4	148,2	1,90	0,70	0,00	0,00	3,48	3,48	3,48	100	0	19	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,29	5,13	98,6	81,7	63,9	1,10	0,30	0,00	0,00	1,89	1,89	1,89	100	0	15	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,18	10,13	112,2	84,9	82,3	1,80	0,60	0,00	0,00	2,98	2,98	2,98	100	0	12	Salino
2	20 – 40	7,23	7,63	52,8	89,2	64,9	1,50	0,40	0,00	0,00	2,41	2,41	2,41	100	0	12	Salino
Testemunha	0 – 20	6,73	0,83	46,5	82,8	0,0	0,70	0,00	0,00	0,66	0,91	0,91	1,57	58	0	0	Normal
Testemunha	20 – 40	6,17	0,75	47,6	88,1	0,9	0,80	0,40	0,00	0,99	1,43	1,43	2,42	59	0	0	Normal

**Tabela A 16** - Análise química do solo de Juazeiro (Apodi) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	t	CTC	V	m	PST	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,57	2,36	40,1	86,8	71,8	3,80	0,30	0,00	0,00	4,63	4,63	4,63	100	0	7	Salino
0	20 – 40	7,57	2,89	12,5	114,5	76,6	3,40	1,00	0,00	0,00	5,03	5,03	5,03	100	0	7	Salino
1	0 – 20	7,70	14,30	18,6	113,5	292,9	6,40	0,00	0,00	0,00	7,96	7,96	7,96	100	0	16	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,65	6,31	37,1	92,5	120,6	3,10	1,20	0,00	0,00	5,06	5,06	5,06	100	0	10	Salino
2	0 – 20	7,65	13,33	60,4	226,2	303,4	4,10	0,70	0,00	0,00	6,70	6,70	6,70	100	0	20	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,45	5,78	30,9	168,9	168,5	3,50	1,30	0,00	0,00	5,96	5,96	5,96	100	0	12	Salino
Testemunha	0 – 20	7,02	0,83	24,8	132,6	7,7	2,20	1,40	0,00	0,33	3,97	3,97	4,30	92	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	6,71	0,78	8,8	150,8	8,7	2,00	1,30	0,00	0,17	3,72	3,72	3,89	96	0	1	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 17** - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol/dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,51	16,73	144,0	126,9	651,5	4,50	4,60	0,00	0,00	12,26	12,26	12,26	100	0	23	Salino-Sódico
0	20 – 40	7,52	11,87	191,6	137,3	482,4	3,30	4,20	0,00	0,00	9,95	9,95	9,95	100	0	21	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,39	3,91	100,0	168,7	260,5	3,50	3,20	0,00	0,00	8,26	8,26	8,26	100	0	15	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,22	2,91	87,1	200,1	260,5	3,30	3,10	0,00	0,00	8,04	8,04	8,04	100	0	15	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,70	4,13	100,0	231,5	450,7	2,70	2,80	0,00	0,00	8,05	8,05	8,05	100	0	24	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,49	5,00	112,4	221,0	503,5	3,80	3,30	0,00	0,00	9,86	9,86	9,86	100	0	22	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	6,35	1,19	26,5	283,8	13,4	1,70	1,50	0,00	1,98	3,98	3,98	5,96	67	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	5,40	0,10	5,9	252,4	23,9	1,70	2,00	0,05	1,16	4,45	4,50	5,60	79	1	2	Normal

**Tabela A 18** - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol/dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,22	8,36	79,0	147,8	514,1	6,60	4,50	0,00	0,00	13,71	13,71	13,71	100	0	16	Salino-Sódico
0	20 – 40	8,19	8,13	62,3	116,4	482,4	5,70	3,40	0,00	0,00	11,50	11,50	11,50	100	0	18	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,67	5,97	64,8	377,9	397,8	6,90	3,40	0,00	0,00	13,00	13,00	13,00	100	0	13	Salino
1	20 – 40	8,20	9,58	93,2	262,9	566,9	6,20	4,30	0,00	0,00	13,64	13,64	13,64	100	0	18	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,37	2,17	87,7	294,3	85,2	4,40	2,90	0,00	0,00	8,42	8,42	8,42	100	0	4	Salino
2	20 – 40	7,87	2,50	78,4	166,5	156,0	6,20	2,00	0,00	0,00	9,30	9,30	9,30	100	0	7	Salino
Testemunha	0 – 20	5,54	0,32	0,0	89,1	9,1	1,80	1,60	0,25	1,65	3,67	3,92	5,32	69	6	1	Normal
Testemunha	20 – 40	5,96	1,97	1,8	52,4	35,6	11,30	4,30	0,05	1,49	15,89	15,94	17,37	91	0	1	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 19** - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,80	3,80	185,5	39,2	92,9	4,10	1,90	0,00	0,00	6,50	6,50	6,50	100	0	6	Salino
0	20 – 40	8,10	3,22	132,3	37,1	92,0	4,40	2,20	0,00	0,00	7,09	7,09	7,09	100	0	6	Salino
1	0 – 20	8,25	3,36	102,8	89,2	65,8	4,80	2,40	0,00	0,00	7,71	7,71	7,71	100	0	4	Salino
1	20 – 40	8,27	2,71	131,7	77,5	95,8	4,20	1,20	0,00	0,00	6,02	6,02	6,02	100	0	7	Salino
2	0 – 20	7,97	2,60	151,8	189,1	30,0	5,30	2,20	0,00	0,00	8,11	8,11	8,11	100	0	2	Salino
2	20 – 40	8,11	2,08	153,6	223,1	54,2	5,90	2,50	0,00	0,00	9,21	9,21	9,21	100	0	3	Salino
Testemunha	0 – 20	6,80	0,65	31,1	140,2	2,9	2,40	5,40	0,00	1,16	8,17	8,17	9,33	88	0	0	Normal
Testemunha	20 – 40	6,37	0,52	9,3	190,1	2,9	2,20	0,90	0,00	1,16	3,60	3,60	4,75	76	0	0	Normal

**Tabela A 20** - Análise química do solo de Alagoinha (Pau dos Ferros) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,21	3,91	126,6	109,7	173,3	7,40	1,70	0,00	0,00	10,13	10,13	10,13	100	0	7	Salino
0	20 – 40	8,25	5,00	112,5	153,6	267,0	9,00	1,90	0,00	0,00	12,45	12,45	12,45	100	0	9	Salino
1	0 – 20	8,51	4,78	92,9	149,8	261,3	6,90	2,30	0,00	0,00	10,72	10,72	10,72	100	0	11	Salino
1	20 – 40	8,31	7,60	95,3	127,8	327,3	7,10	0,90	0,00	0,00	9,75	9,75	9,75	100	0	14	Salino
2	0 – 20	8,46	4,34	92,3	216,7	155,1	5,20	3,00	0,00	0,00	9,43	9,43	9,43	100	0	7	Salino
2	20 – 40	8,45	3,33	121,1	173,7	177,1	4,80	2,90	0,00	0,00	8,91	8,91	8,91	100	0	9	Salino
Testemunha	0 – 20	7,49	1,19	59,8	83,9	6,8	5,60	1,00	0,00	0,00	6,84	6,84	6,84	100	0	0	Normal
Testemunha	20 – 40	7,29	0,83	18,0	63,9	3,9	4,80	0,80	0,00	0,00	5,78	5,78	5,78	100	0	0	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 21** - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB -----	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,10	11,25	41,5	142,1	377,4	4,35	0,95	0,00	0,00	7,31	7,31	7,31	100	0	22	Salino-Sódico
0	20 – 40	7,90	6,71	27,5	102,4	206,2	3,55	1,15	0,00	0,00	5,86	5,86	5,86	100	0	15	Salino-Sódico
1	0 – 20	7,70	5,00	36,2	102,4	165,9	2,95	1,45	0,00	0,00	5,38	5,38	5,38	100	0	13	Salino
1	20 – 40	7,70	3,42	31,5	92,4	125,6	2,65	0,85	0,00	0,00	4,28	4,28	4,28	100	0	13	Salino
2	0 – 20	7,70	2,50	21,6	112,3	115,5	3,25	1,55	0,00	0,00	5,59	5,59	5,59	100	0	9	Salino
2	20 – 40	7,60	2,01	25,0	78,8	79,0	2,65	1,15	0,00	0,00	4,35	4,35	4,35	100	0	8	Salino
Testemunha	0 – 20	7,70	1,12	21,8	65,9	12,6	1,95	1,05	0,00	0,00	3,22	3,22	3,22	100	0	2	Normal
Testemunha	20 – 40	7,60	0,13	24,7	59,9	10,5	1,45	0,35	0,00	0,00	2,00	2,00	2,00	100	0	2	Normal

**Tabela A 22** - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	Al <sup>3+</sup> -----	(H+Al) cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB -----	t -----	CTC -----	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,15	26,87	81,7	142,1	689,7	5,80	2,60	0,00	0,00	11,76	11,76	11,76	100	0	26	Salino-Sódico
0	20 – 40	7,60	19,34	40,6	92,4	417,7	4,90	2,40	0,00	0,00	9,35	9,35	9,35	100	0	19	Salino-Sódico
1	0 – 20	8,05	12,62	136,0	122,3	447,9	3,90	2,20	0,00	0,00	8,36	8,36	8,36	100	0	23	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,60	19,47	29,0	82,8	508,4	4,40	2,00	0,00	0,00	8,82	8,82	8,82	100	0	25	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,20	2,50	86,7	87,8	107,3	4,40	0,60	0,00	0,00	5,69	5,69	5,69	100	0	8	Salino
2	20 – 40	8,10	3,42	29,2	77,8	105,2	3,70	0,60	0,00	0,00	4,96	4,96	4,96	100	0	9	Salino
Testemunha	0 – 20	7,30	0,62	194,8	66,9	11,5	2,50	0,00	0,00	0,00	2,72	2,72	2,72	100	0	2	Normal
Testemunha	20 – 40	7,04	0,65	246,0	49,0	13,6	1,00	0,40	0,00	0,33	1,58	1,58	1,91	83	0	3	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 23** - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	7,81	5,50	92,7	95,5	135,6	3,70	1,80	0,00	0,00	6,33	6,33	6,33	100	0	9	Salino
0	20 – 40	7,91	3,42	18,1	66,8	71,6	2,90	1,80	0,00	0,00	5,18	5,18	5,18	100	0	6	Salino
1	0 – 20	7,94	3,50	128,2	59,4	96,8	3,10	1,90	0,00	0,00	5,57	5,57	5,57	100	0	8	Salino
1	20 – 40	7,86	3,02	32,2	51,9	76,5	2,50	1,20	0,00	0,00	4,17	4,17	4,17	100	0	8	Salino
2	0 – 20	7,93	3,87	24,2	58,3	96,8	3,20	2,00	0,00	0,00	5,77	5,77	5,77	100	0	7	Salino
2	20 – 40	7,78	3,42	16,2	50,9	69,7	1,90	1,60	0,00	0,00	3,93	3,93	3,93	100	0	8	Salino
Testemunha	0 – 20	6,20	0,62	9,2	41,3	2,9	1,30	0,60	0,00	0,66	2,02	2,02	2,68	75	0	0	Normal
Testemunha	20 – 40	6,22	0,65	10,6	34,9	1,9	1,20	0,20	0,00	0,66	1,50	1,50	2,16	69	0	0	Normal

**Tabela A 24** - Análise química do solo de Jacu (Francisco Dantas) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P ----- mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> ----- mg/dm <sup>3</sup>	(H+Al) ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	CTC ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	V ----- %	m ----- %	PST ----- %	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,25	5,75	2,7	83,9	211,5	4,00	1,40	0,00	0,00	6,53	6,53	6,53	100	0	14	Salino
0	20 – 40	8,31	4,86	29,1	73,4	159,9	3,40	1,30	0,00	0,00	5,58	5,58	5,58	100	0	12	Salino
1	0 – 20	8,43	6,12	29,7	79,1	282,4	6,50	1,70	0,00	0,00	9,63	9,63	9,63	100	0	13	Salino
1	20 – 40	8,40	4,34	32,8	61,0	122,6	5,40	1,30	0,00	0,00	7,39	7,39	7,39	100	0	7	Salino
2	0 – 20	8,43	9,87	35,2	155,6	512,3	5,20	1,00	0,00	0,00	6,60	6,60	6,60	100	0	25	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,49	3,94	10,1	123,1	295,7	3,80	1,40	0,00	0,00	6,80	6,80	6,80	100	0	19	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,87	2,62	24,9	62,9	39,3	2,90	0,70	0,00	0,00	3,93	3,93	3,93	100	0	4	Normal
Testemunha	20 – 40	7,93	2,50	23,9	68,6	28,8	2,70	0,50	0,00	0,00	3,50	3,50	3,50	100	0	4	Normal

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 25** - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Outubro e Novembro de 2013.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,10	2,10	60,8	172,0	347,2	5,85	3,45	0,00	0,00	11,25	11,25	11,25	100	0	13	Salino
0	20 – 40	8,10	2,28	91,8	142,1	357,3	5,05	4,25	0,00	0,00	11,22	11,22	11,22	100	0	14	Salino
1	0 – 20	8,00	15,00	95,6	132,2	619,2	6,25	2,85	0,00	0,00	12,13	12,13	12,13	100	0	22	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,00	7,07	67,1	191,8	720,0	5,15	1,05	0,00	0,00	9,82	9,82	9,82	100	0	32	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,50	9,84	92,4	301,2	609,1	7,65	4,15	0,00	0,00	15,22	15,22	15,22	100	0	17	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,80	7,57	76,0	271,4	820,7	6,55	3,65	0,00	0,00	14,46	14,46	14,46	100	0	25	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,20	0,70	89,3	311,1	63,9	7,85	2,15	0,00	0,00	11,07	11,07	11,07	100	0	3	Normal
Testemunha	20 – 40	7,30	0,71	88,6	340,9	50,8	8,85	1,45	0,00	0,00	11,39	11,39	11,39	100	0	2	Normal

**Tabela A 26** - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Fevereiro e Março de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,32	2,18	97,5	165,3	317,0	8,10	4,00	0,00	0,00	13,90	13,90	13,90	100	0	10	Salino
0	20 – 40	8,20	1,64	96,2	163,3	337,1	7,50	3,70	0,00	0,00	13,08	13,08	13,08	100	0	11	Normal
1	0 – 20	7,70	28,9	166,4	241,5	1173,3	8,60	3,90	0,00	0,00	18,22	18,22	18,22	100	0	28	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,10	9,57	176,5	181,9	981,9	8,90	3,20	0,00	0,00	16,84	16,84	16,84	100	0	25	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,60	14,45	128,4	251,5	881,1	8,20	4,10	0,00	0,00	16,78	16,78	16,78	100	0	23	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,95	7,85	95,6	201,8	679,7	6,80	4,20	0,00	0,00	14,47	14,47	14,47	100	0	20	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,00	5,46	297,8	997,0	75,2	8,90	2,70	0,00	0,83	14,48	14,48	15,30	95	0	2	Salino
Testemunha	20 – 40	6,97	5,21	381,3	1345,0	155,8	11,10	4,00	0,00	0,83	19,22	19,22	20,04	96	0	3	Salino

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)

**Tabela A 27** - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Junho e Julho de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,30	2,96	235,1	125,3	235,3	6,80	5,00	0,00	0,00	13,14	13,14	13,14	100	0	8	Salino
0	20 – 40	8,26	2,71	129,9	121,0	235,3	6,60	5,30	0,00	0,00	13,23	13,23	13,23	100	0	8	Salino
1	0 – 20	7,23	18,67	137,6	209,3	864,9	8,80	5,70	0,00	0,00	18,80	18,80	18,80	100	0	20	Salino-Sódico
1	20 – 40	7,80	10,57	186,1	151,9	616,0	8,20	5,10	0,00	0,00	16,37	16,37	16,37	100	0	16	Salino-Sódico
2	0 – 20	7,67	15,07	154,2	186,9	596,6	9,10	5,60	0,00	0,00	17,77	17,77	17,77	100	0	16	Salino-Sódico
2	20 – 40	7,77	11,21	169,5	186,9	694,4	8,40	5,70	0,00	0,00	17,60	17,60	17,60	100	0	17	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,40	2,57	269,4	858,7	26,1	8,30	3,10	0,00	0,00	13,71	13,71	13,71	100	0	1	Normal
Testemunha	20 – 40	7,43	2,00	145,3	775,8	23,2	7,10	3,40	0,00	0,00	12,59	12,59	12,59	100	0	1	Normal

**Tabela A 28** - Análise química do solo de EMA (José da Penha) no período de Outubro e Novembro de 2014.

Ponto	Camada (cm)	pH (água)	CE dS/m	P -----	K <sup>+</sup> mg/dm <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al) -----	SB cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	t	CTC	V -----	m %	PST -----	Classificação do solo <sup>1</sup>
0	0 – 20	8,71	2,65	259,1	161,3	355,1	7,10	4,50	0,0	0,0	13,56	13,56	13,56	100	0	11	Salino
0	20 – 40	8,55	2,07	104,5	145,0	301,5	9,10	3,00	0,0	0,0	13,78	13,78	13,78	100	0	10	Salino
1	0 – 20	8,14	11,40	165,3	231,0	929,0	9,60	3,50	0,0	0,0	17,73	17,73	17,73	100	0	23	Salino-Sódico
1	20 – 40	8,63	3,71	92,3	107,8	420,1	5,60	4,50	0,0	0,0	12,20	12,20	12,20	100	0	16	Salino-Sódico
2	0 – 20	8,36	7,57	99,0	229,1	694,8	8,70	2,40	0,0	0,0	14,71	14,71	14,71	100	0	21	Salino-Sódico
2	20 – 40	8,58	4,21	58,5	176,6	501,5	5,90	3,00	0,0	0,0	11,53	11,53	11,53	100	0	19	Salino-Sódico
Testemunha	0 – 20	7,37	4,06	580,6	909,2	55,6	11,10	3,50	0,0	0,0	17,17	17,17	17,17	100	0	1	Salino
Testemunha	20 – 40	7,47	5,21	642,6	1020,6	84,3	14,30	3,70	0,0	0,0	20,98	20,98	20,98	100	0	2	Salino

<sup>1</sup>Classificação de solos afetados por sais (Bohn et al, 1985)



**Tabela A 29** - Dados Meteorológicos de precipitação pluvial (mm) durante os 4 períodos coletados.

Meses	LOCALIDADE				
	Mossoró	Apodi	Pau dos Ferros	Francisco Dantas	José da Penha
out/13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/13	0,00	0,00	0,00	26,60	0,00
dez/13	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00
jan/14	8,30	8,00	9,10	51,80	12,10
fev/14	52,90	85,10	113,00	223,60	20,80
mar/14	176,10	108,90	140,00	167,20	257,60
abr/14	188,70	182,90	0,00	95,00	119,40
mai/14	125,80	83,80	0,00	16,50	83,00
jun/14	19,00	0,00	0,00	30,00	3,80
jul/14	0,00	8,50	0,00	0,00	26,00
ago/14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
set/14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
out/14	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00