



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

JOÃO JONES DA SILVA

FITORREMEDIÇÃO E GESSAGEM EM SOLO AFETADO POR SAIS

POMBAL - PB
2015

JOÃO JONES DA SILVA

FITORREMEDIAÇÃO E GESSAGEM EM SOLO AFETADO POR SAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistema Agroindustrial da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

POMBAL - PB
2015

JOÃO JONES DA SILVA

Dissertação intitulada **FITORREMEDIAÇÃO E GESSAGEM EM SOLO AFETADO POR SAIS**, apresentada Programa de Pós-Graduação em Sistema Agroindustrial da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre, e aprovada em 29 de setembro de 2015.

Titulares

Prof. D. Sc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
Presidente da Banca Examinadora
(Orientador)

Prof. D. Sc. Reginaldo Gomes Nobre (UFCG)
(Examinador Interno)

Prof. D. Sc. Ednaldo Barbosa Pereira Junior (IFPB)
(Examinador Externo)

“O melhor aprendizado é se pensar que o valor das coisas
não estão no tempo que duram, mas na intensidade que acontecem.”

(Fernando Pessoa)

A Deus pai todo poderoso, sem ele não seríamos capazes de chegar a lugar algum, ele que é fonte de amor e de da vida em plenitude.

Aos meus pais, José Pedro da Silva e Valderice Maria de Andrade (in memoria), pelo carinho, tolerância, amor e incentivo.

À minha querida esposa, Luciana Rocha de Lima, pelo amor e carinho, estando sempre ao meu lado, apoiando e ajudando-me a vencer mais uma etapa da vida.

Ao meu querido filhinho João Lucas a qual ele faz com que eu tenha mais inspiração e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos dá força e coragem para enfrentar todos os nossos desafios;
Ao meu Orientador, professor Manoel Moisés Ferreira de Queiroz; aos demais professores, sem querer desmerecer os demais, todos contribuíram de uma ou de outra forma, mas cito com muito cuidado os meus professores: Reginaldo Gomes Nobre e Marcos Eric Barbosa Brito, sem dúvida teve uma contribuição especial nesse trabalho.

Ao professor Oscar Mariano Hafle do IFPB, também teve uma participação especial na produção das mudas para implantação do experimento; ao professor Ednaldo Barbosa Pereira Junior, também do IFPB, aceitou de imediato a participar da banca como examinador externo, sua contribuição também foi indispensável.

Agradecimento maior ao meu colega Engenheiro Agrônomo do IFPB, o professor Hermano Oliveira Rolim, sua contribuição na condução, junto comigo em todas as fases do experimento, nas Análises de Laboratório, sua ajuda foi sensacional, sem sua ajuda Hermano, eu iria correr muito, [risos], então, meu agradecimento a sua pessoa Hermano, e por fim, a todos, sem distinção, a todos os professores da Pós Graduação da UFCG, Campus Pombal, pela dedicação e ao meu aprendizado, agradeço.

Não poderia esquecer-me dessa pessoa sensacional a secretária do Programa de Pós-Graduação do Campus Pombal, sua atenção conosco foi sensacional, atendia sempre com aquele sorriso alegre, nunca deixou de atender de outra forma, sempre sorridente e atenciosa, meu obrigado a você Kadydja Mayara Ramos Nobre, sua atenção, jamais poderei esquecer.

Enfim, a todos que contribuíram de uma forma ou de outra, meus mais sinceros

AGRADECIMENTOS. MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. SOLOS COM PROBLEMAS DE SAIS EM PERÍMETROS IRRIGADOS.....	14
2.2. SOLOS COM PROBLEMAS DE SAIS.....	17
2.3. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE SOLOS SALINO-SÓDICOS.....	18
2.4. TOLERÂNCIA A SALINIDADE.....	19
2.5. EFEITOS DOS SAIS NAS PLANTAS.....	20
2.6. FITORREMEDIAÇÃO.....	20
2.6.1 Erva-Sal (<i>Atriplex numulária</i> L.) .	21
2.6.2 Capim pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i> L.).....	23
2.6.3 Salsa – Brava (<i>Ipomoea asarifolia</i> L.).....	23
2.6.4 Gesso Agrícola.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Diagnóstico e qualidade do solo do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB.....	27
3.1.1 Caracterização da Área de Estudo.....	27
3.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO.....	29
3.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ANÁLISE DE VARIANÇA.....	30
3.4. MONTAGEM E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	30
3.4.1. Avaliação da qualidade dos solos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB.....	31
3.4.2. Análise e Qualidade da água de irrigação.....	32
4. CONDUÇÃO DA PESQUISA EM CAMPO.....	33
4.1 Lâminas de Lixiviação.....	33
4.2. Tratamentos com Plantas.....	34
4.3. Análises em Laboratório.....	34
4.3.1. Atributos Químicos do Solo.....	34
4.3.2. Preparo da Pasta Saturada.....	35
4.3.3. Atributos Físicos do Solo.....	36
4.3.4. Aspectos das análises físicos dos solos.....	36
4.3.4.1. Análise Granulométrica.....	36
4.3.4.2. Argila dispersa em água.....	36
4.3.4.3. Densidade do solo e das suas partículas sólidas.....	36
5. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	38
5.1. Atributos Químicos dos solos do Perímetro Irrigado.....	38
5.1.1. Estatística descritiva dos atributos Químicos dos solos.....	39
5.2. Atributos físicos dos solos da área experimental.....	42
5.2.1. Estatística descritiva dos atributos físicos dos solos em função dos tratamentos.....	42
5.3. Produção fitomassa seca na área experimental.....	44
5.3.1. Estatística descritiva da fitomassa seca em função dos tratamentos e épocas.....	44
6. CONCLUSÕES.....	50
7. ANEXO.....	51
8. REFERÊNCIAS.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figuras 1. Erva-Sal (<i>Atriplex numulária</i> L.) na área do experimento.....	22
Figura 2. Capim-pé-de Galinha (<i>Eleusine indica</i> L.) na área experimental.....	23
Figura 3. Salva – Brava (<i>Ipomoea asarifolia</i> L.) na área experimental.....	24
Figura 4. Localização geográfica da área experimental no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB.....	28
Figura 5. Precipitação pluvial dos meses de dezembro de 2014 a julho de 2015 do local de execução do experimento (Fonte o autor).....	28
Figura 6. Valores médios, máximos e mínimos de temperatura durante o período de execução do experimento, medidos diariamente. Obs: As medições foram efetuadas às 9 h da manhã no momento da irrigação.....	29
Figuras 7 A e B. (<i>Atriplex nummuralia</i> L.)	29
Figuras 8 A e B. (<i>Eleusine indica</i> L.).....	30
Figuras 9 A e B. (<i>Ipomoea asarifolia</i> L.).....	30
Figuras 10 A e B. Secagem das amostras do solo para preparo da TFSA.....	31
Figuras 11 A e B. Amostragem do solo depois da poda das plantas.....	31
Figura 12. Lâminas de Lixiviação.....	33
Figura 13. Pluviômetro e Termômetro.....	33
Figura 14. Representa a equação da relação de Adsorção de Sódio	35
Figura 15. Representa a equação da PST em função da RAS.....	36
Figura 16 A e B. Preparo das mudas de <i>Atriplex numulária</i> L., <i>Ipomoea asarifolia</i> L., <i>Eleusine indica</i> L.....	37

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Áreas irrigadas em Perímetros Públicos no Brasil.....	15
Tabela 2. Classificação dos solos afetados por sais (Richards, 1954).....	18
Tabela 3. Classificação dos solos quanto à sodicidade em função da PST.....	19
Tabela 4. Necessidade de Gesso (PIZARRO, 1978).....	26
Tabela 5. Análise e classificação do solo na área do experimento no PISG.....	31
Tabela 6. Análise física e classe textural do solo na área do experimento no PISG.....	32
Tabela 7. Análise físico-química da água de irrigação.....	32
Tabela 8. Caracterização média do solo (n°= 96 amostras) durante o tempo de avaliação no experimento aos 70, 140 e 210 dias.....	38
Tabela 9. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo.....	39
Tabela 10. Atributos químicos do solo em função dos tratamentos aplicados.....	40
Tabela 11. Resumo da Análise de variância dos atributos físicos do solo.....	43
Tabela 12. Atributos Físicos do solo em função dos tratamentos aplicados.....	43
Tabela 13. Resumo da Análise de variância da Biomassa Fresca (BF) e da Biomassa Seca (BS).....	45
Tabela 14. Comparação das Médias de produção da Biomassa Seca (BS) em função dos tratamentos aplicados e das épocas de coleta.....	46

SILVA, João Jones da. **FITORREMEDIAÇÃO E GESSAGEM EM SOLO AFETADO POR SAIS**. 2015. 60f. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Pombal, 2015.

RESUMO

A Região Nordeste do Brasil é caracterizada por clima semiárido, sendo os volumes precipitados normalmente inferiores à evaporação e, tornando o uso da irrigação imprescindível para uma produção agrícola sustentável, entretanto, o manejo inadequado da irrigação atrelado às condições locais, tem favorecido os processos de salinização e sodificação de solos, promovendo a degradação e o abandono de extensas áreas anteriormente produtivas. Entre as áreas afetadas por sais nessa região, destaca-se o Perímetro Irrigado de São Gonçalo - PB em situação de degradação de solos com problemas de sais, isso ensejou a propositura de estudar métodos e técnicas visando o melhoramento das características físicas e químicas do solo. O experimento foi instalado em área previamente identificada como possuidora de solo salino-sódico no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, e para a recuperação fez-se da aplicação dos métodos e da técnica da fitorremediação com Erva-Sal (*Atriplex numulária* L.), Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L.), Salsa - Brava (*Ipomoea asarifolia* L.) e Gesso agrícola. A pesquisa constou de oito tratamentos, com quatro repetições, os tratamentos foram submetidos a um delineamento em blocos casualizados (DBC), com os seguintes tratamentos: i) cultivo de atriplex; ii) cultivo de capim-pé-galinha, iii) cultivo de salsa, iv) solo com gesso; v) aplicação de gesso agrícola associado ao cultivo de atriplex; vi) aplicação de gesso agrícola associado ao cultivo de capim pé-de-galinha; vii) aplicação de gesso agrícola associado ao cultivo de salsa e viii) solo sem manejo (testemunha), numa área total de 62 m² conduzido em campo, em parcelas de 1,40 x 1,40 m. Com esse estudo pretende-se recuperar solo afetados por sais, utilizando um método alternativo, mais viável economicamente e sustentável através de plantas capazes de extrair os sais em excesso do solo.

Palavras-chave: *Atriplex numulária* L., *Eleusine indica* L., *Ipomoea asarifolia* L., sodificação, recuperação de solo.

SILVA, John Jones da. **PHYTOREMEDIATION AND PLASTERING IN SOLO AFFECTED BY SALTS**. 2015. 60f. Dissertation. Federal University of Campina Grande, UFCG, Pombal, 2015.

ABSTRACT

Brazil's Northeast region is characterized by semi-arid climate, and the precipitated volumes usually lower than the evaporation and, making use of vital irrigation for sustainable agricultural production, however, inadequate irrigation management linked to local conditions, has favored processes salinization and sodification soils, promoting the degradation and abandonment of extensive formerly productive areas. Among the areas affected by salts in this region, we highlight the Irrigated Perimeter of São Gonçalo - PB in soil degradation situation with salt problems and this gave rise to the filing of study methods and techniques aimed at improving the physical and chemical characteristics ground. The experiment was installed in previously identified area as saline-sodic soil possessed in the Irrigated Perimeter of São Gonçalo, and the recovery was made of the application of methods and phytoremediation technique with herb-salt (*Atriplex moneywort* L.), grass crow's foot bath (*Eleusine indica* L.), Salsa - Brava (*Ipomoea asarifolia* L.) and Agricultural Gypsum. The survey consisted of eight treatments, with four replications, the treatments were subjected to a randomized block design (RBD), with the following treatments: i) atriplex cultivation; ii) grass-foot-chicken farming, iii) salsa culture, iv) soil with gypsum; v) application of gypsum associated with atriplex cultivation; vi) application of gypsum associated with grass growing chicken's foot; vii) application of gypsum associated with the parsley cultivation and viii) soil without management (control), a total area of 62 m² conducted under field conditions in portions of 1.40 x 1.40 m. With this study we intend to recover salt affected soil, using an alternative method more economically viable and sustainable through plants capable of extracting soil excess salts.

Keywords: *Atriplex moneywort* L., *Eleusine indica* L., *Ipomoea asarifolia* L., sodification, soil recovery.

INTRODUÇÃO

A produção vegetal é a principal ligação entre o solo, e seus constituintes, com os demais atores de diversos ecossistemas. Baseado nisso, cabe aos cientistas do solo e a comunidade em geral buscar alternativas que minimizem os impactos advindos de causas antropogênicas e que resultam, na maioria das vezes, na redução da qualidade do solo. Quando esses danos afetam diretamente a possibilidade de cultivo, atrelado a maximização do escoamento superficial e perda de solo, diminuição da infiltração e consequente recarga dos aquíferos, dentre outras causas, faz-se necessário atuar de forma efetiva (SOUZA, 2010).

Sendo assim, a salinidade do solo, embora seja um assunto recorrente, principalmente no semiárido do Nordeste Brasileiro, não perde seu foco atual, já que reduz a capacidade produtiva num país com tanta necessidade de alimento, principalmente nos locais onde ocorrem as maiores incidências desse problema. Para a sua recuperação e/ou remediação, nem sempre se dispõe de alternativas mais onerosas como o uso de corretivos químicos e maquinaria para implantação de sistemas de drenagem. Desse modo, nada mais conveniente que o uso de uma vegetação que suporte altos teores salinos, que consiga mantê-los em seus tecidos vegetais, produza grandes quantitativos de biomassa e que forneça alimento para determinadas espécies animais. Assim se deriva o termo fitorremediação e, mais especificamente, fitoextração (SOUZA, 2010).

A recuperação de áreas degradadas visa fornecer ao ambiente degradado, condições favoráveis à reestruturação da vida num ambiente que não tem condições físicas, químicas e/ou biológicas de se regenerar por si só. Através de um manejo correto do solo, de um sistema de drenagem eficiente, ou ainda, da implantação de espécies vegetais, pode-se conduzir a recuperação de uma área degradada (SDB, 2015).

O fornecimento de sais pelas águas de irrigação ou sua solubilização a partir dos minerais componentes das rochas, pode proporcionar acúmulo de cátions e ânions que comprometem a capacidade produtiva dos solos, tornando-os inaptos para a agricultura. Assim, a salinidade e a sodicidade de solos têm-se caracterizado como problemas ambientais mundialmente reconhecidos, degradando não apenas as áreas causadoras da degradação, como também áreas vizinhas que recebem a contribuição dos sais lançados ao ambiente (MIRANDA, 2013).

São inúmeros fatores que podem contribuir para a formação de solos afetados por sais, desde que todos esses fatores estejam sempre relacionados a condições climáticas onde

os índices de evapotranspiração superam os de precipitação (condição típica em regiões de clima árido e semiárido), bem como um deficiente sistema de drenagem. Alguns solos, sob tais condições, tendem a ser mais propensos ao fenômeno da salinização, e esta susceptibilidade maior ou menor, por parte desses solos, irá depender fortemente das suas características físicas, químicas e mineralógicas (MIRANDA, 2013).

As áreas afetadas por sais ocorrem em importantes extensões no mundo, principalmente em regiões de climas áridos e semiáridos, onde a irrigação é fundamental para o desenvolvimento de uma agricultura bem sucedida. O acréscimo do conteúdo de sais solúveis no solo influencia no comportamento das culturas de diversas maneiras, por meio de mudanças nas proporções de Na^+ trocável, na reação dos solos, em suas propriedades físicas, no potencial osmótico da solução do solo e nos efeitos tóxicos de íons específicos. Estas mudanças influenciam na atividade das raízes das plantas e dos microrganismos do solo, conseqüentemente, na produtividade das culturas (CAVALCANTE et al., 2010).

Estes problemas vêm se intensificando especialmente nos projetos de irrigação, devido ao manejo inadequado da técnica, o que reflete na redução da produtividade dos cultivos. A área total de solos afetados por sais no mundo de acordo com a FAO (2000), incluindo os solos salinos e sódicos é de 831 milhões de hectares, sendo 397 milhões de solos salinos e 434 milhões de solos sódicos.

Com relação ao problema da salinidade no Brasil, destaca-se o Sertão da Região Nordeste, no entanto, outras áreas também são afetadas, como alguns locais na Região Amazônica e no Norte de Minas Gerais. Entretanto, a maior representatividade dos solos salinizados brasileiros encontra-se no Nordeste, pela sua condição climática. Nesta região do Brasil, a área explorada com irrigação ainda é pequena, chegando a aproximadamente 663.672 ha, mas existe potencial para chegar a 1.304.000 ha (CHRISTOFIDIS, 2001).

Como a irrigação é apontada como uma das alternativas para o desenvolvimento socioeconômico das regiões semiáridas, ela deve ser racionalmente manejada, a fim de evitar problemas de excesso de sais nos solos e de degradação dos recursos hídricos e edáficos, uma vez que as condições climáticas dessas regiões são favoráveis para a ocorrência de salinização dos solos (MEDEIROS et al., 2010).

Desta forma, é preciso conhecer as áreas degradadas pela salinidade e sodicidade dos solos, as causas que desencadearam os processos de degradação e desenvolver técnicas mais eficiente e adequada às condições do Nordeste do Brasil, possibilitando minimizar o

avanço da degradação e melhorando as propriedades dos solos para o cultivo de culturas de interesse agrícola.

Objetivou-se com este estudo a recuperação de áreas afetadas por sais no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no Sertão da Paraíba, através do uso da alternativa de manejo dos solos afetados por sais por fitoextração com *Atriplex* e outras invasoras típicas dessa região e uso de gesso agrícola na tentativa de recuperar solos com problemas de sais usando técnica e método de baixo custo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SOLOS COM PROBLEMAS DE SAIS EM PERÍMETROS IRRIGADOS

A salinização do solo é um problema que vem crescendo em todo o mundo, acredita-se que cerca de bilhões de hectares de solos sejam alterados por sais, com grande parte de todas as áreas irrigadas do mundo sofrendo com a redução da produção em decorrência do excesso de sais (KEIFFER & UNGAR, 2002; HORNEY et al., 2005).

Com o acelerado crescimento da população mundial constantemente aumenta a demanda por alimentos. E, para atender às necessidades deste crescente consumo, o setor agrícola impulsiona cada vez mais a produção de alimentos. Com isso, a irrigação tornou-se uma ferramenta bastante atrativa, pois permitiu aumentar as áreas agricultáveis em todo o mundo, inclusive tornando produtivas as regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS et al., 2010).

As regiões de clima árido e semiárido, onde está inserida a região de escassez de água do Nordeste brasileiro, que ocupa uma extensão de 150 milhões de hectares, possuem condições favoráveis à ocorrência de solos afetados por excesso de sais, em virtude das características de clima, relevo, geologia e drenagem, entre outros fatores. Nessa parte do Nordeste, a maioria dos perímetros de irrigação apresenta reflexos da degradação, que vão desde a diminuição nos rendimentos das culturas até o abandono das áreas exploradas (MOTA & OLIVEIRA, 1999; BARROS et al., 2004; RIBEIRO et al., 2010).

Ambientes de clima árido e semiárido, caracterizados por baixas precipitações e elevadas taxas de evapotranspiração potencial, frágeis pelas poucas reservas hídricas mantedoras da vida animal e vegetal, essas regiões são mais propícias à obtenção de áreas com problemas de sais. Para possibilitar a produção agropecuária nestes ambientes em todo o

mundo, tem-se disseminado a técnica da irrigação, baseada no princípio de fornecimento da necessidade hídrica para produção vegetal, que forneceria alimento para consumo animal e humano. Entretanto, esta técnica, quando mal manejada, pode acarretar problemas ambientais imensuráveis, como degradação dos recursos solo e água, tornando-os impróprios para uso agrícola.

Com o incremento da irrigação nas últimas décadas, principalmente na Região Nordeste do Brasil, por ser uma região de grandes irregularidades na ocorrência e distribuição de chuvas. Entretanto, houve maior tendência em usar sistemas de irrigação e construção de perímetros irrigados, muitas vezes com manejo inadequado às condições locais, os processos de salinização e sodificação de solos têm se intensificado, promovendo a degradação e abandono de extensas áreas anteriormente produtivas. Vejamos o quantitativo de Perímetros Públicos Irrigados no Brasil com sua respectiva área irrigada. (Tabela 1).

Tabela 1. Áreas irrigadas em Perímetros Públicos no Brasil

Área irrigada em Perímetros Públicos	Quantitativo	Área Irrigável (ha)
Órgão Responsável		
Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba	35	362.053,00
Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas	31	70.227,80
Ministério da Integração Nacional	01	62.000,00
Secretaria da agricultura e pecuária do Estado de Tocantins	02	10.129,00
Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Rural de Sergipe	04	16.808,00
Secretaria de Estado da Infraestrutura/RR	01	1.000,00
Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca da Paraíba	01	6.335,70
Universidade Federal de Pelotas/Agência da Lagoa Mirim	01	25.000,00
TOTAL	76	553.553,50

Fonte: SENIR (2015)

Diversos são os exemplos de processos de salinização em perímetros irrigados, em consequência da irrigação inadequada, conforme citado por Ribeiro et al. (2003).

Ainda segundo autores, como Batista et al. (1998), a salinização decorrente da irrigação tem sido observada em regiões com precipitação pluviométrica anual de até 1.000

mm, principalmente em solos rasos e de drenagem deficiente. Além da reduzida precipitação pluviométrica, o elevado déficit hídrico resultante de altas taxas de evapotranspiração contribui para o processo de acúmulo de sais. Este déficit hídrico, segundo Ribeiro et al. (2003), impede que as precipitações promovam lavagens completas e frequentes dos perfis de solos irrigados, fazendo com que os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} e HCO_3^- em solução tendam a permanecer na zona radicular.

É comum o surgimento de salinidade nas áreas irrigadas provocadas pela água de irrigação contendo concentrações elevadas de sais, decorrente de práticas de manejo que não visam à conservação da capacidade produtiva dos solos, de ausência de sistema de drenagem, de quantidade de água e de uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (BERNARDO et al., 2006).

Na região Nordeste do Brasil, a maior área afetada pelo excesso de sais no solo está localizada no oeste da Bahia (44% do total), seguido pelo estado do Ceará, com 25% da área total (FAGERIA & GHEYI, 1997). Nesses estados, a salinidade tem sido apontada como um dos principais fatores responsáveis pela diminuição no crescimento e na produtividade das culturas (PEREIRA et al., 2005).

Os solos salinos apresentam CE_{ES} superior a $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ (deci-siemens por metro) e sua recuperação pode ser feita através da lixiviação dos sais (BERNARDO, 1995). Por outro lado, os solos sódicos apresentam PST superior a 15% e sua melhoria poderá ocorrer com a aplicação de condicionadores (BERNARDO, 1995) ou através da subsolagem (HOLANDA, 2000).

São vários os relatos de solos problemas de sais em diversos perímetros irrigados localizados nos estados do Nordeste. Alguns destes locais afetados por sais são citados por Macêdo (1988) em percentual de área: Custódia-PE com 97%; Ceraíma-BA com 32%, e Cachoeira II; PB com 30%. Suassuna & Audry (1993) descreveram que a percentagem de áreas irrigadas com problemas de salinização nessas regiões é de, aproximadamente, 32%, podendo haver um aumento se não forem adotadas medidas preventivas. Aguiar Netto et al. (2006) indicaram problemas de salinização nos perímetros irrigados de Bebedouro e Nilo Coelho – PE, Tourão – BA, Morada Nova e Curu-Paraipava – CE e Jabiberi – SE, sendo que neste último 76,5% dos lotes estudados apresentaram-se salino-sodificados.

Os efeitos nocivos da salinidade são a toxicidade causada por elevada concentração de elementos químicos no solo como Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Cl^- ; diminuição do potencial osmótico da água no solo, o que dificulta a absorção de água pelas culturas; e perda

da estrutura do solo, quando ocorre especificamente o aumento da percentagem de sódio trocável (PST) acima de 15% (USSL STAFF, 1954).

Portanto, o Nordeste do Brasil, onde estão localizados os Perímetros Irrigados, combinados a fatores edafoclimáticos e uso de águas com elevadas taxas de sais, e o uso inadequado da irrigação e um sistema de drenagem ineficiente, tem-se causado aumento de áreas com problemas de sais.

2.2. SOLOS COM PROBLEMAS DE SAIS

A problemática de solos afetados por sais envolve três processos principais e sequenciais que acarreta o desenvolvimento desses solos: a salinização que dá origem aos solos salinos, a solonização que promove a formação de solos sódicos e é constituído por dois subprocessos. O primeiro, a sodificação, é o processo de passagem do íon Na^+ da solução do solo para o complexo de troca, formando os solos denominados salino-sódicos. E o segundo, a dessalinização, que promove a lavagem dos sais solúveis, resultando na formação de solos unicamente sódicos. Por último, há possibilidade da evolução de um processo de degradação, denominado solodização, que leva à lavagem do íon Na^+ e sua substituição pelo íon H^+ , dando origem a solos não-salinos e não-sódicos (RIBEIRO et al., 2009).

O processo de degradação de solos tem-se a piorar quando há o predomínio do íon Na^+ em relação aos sais de cálcio e magnésio, tornando o manejo do solo mais problemático, pois ocorrem alterações nas suas propriedades físicas.

Nesses solos, caracterizados como sódicos e salino-sódicos, o sódio passa a representar altas proporções no complexo de troca. Isso estabelece no solo uma condição de dispersão, em que os coloides dispersos são movimentados no perfil, obstruindo poros em horizontes subsuperficiais e, assim, alterando a estrutura do solo (RUIZ et al., 2004; QADIR et al., 2007; DIAS & BLANCO, 2010).

Para entendermos a classificação dos solos afetados por sais, algumas propriedades químicas do solo são empregadas, como: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e Percentagem de Sódio Trocável (PST) (Ribeiro et al., 2003).

A diferença entre solos holomórficos e não holomórficos é estabelecida, de acordo com United States Salinity LINTY LABORATORY – USSL Staff (1954), por valores específicos para as propriedades que os classificam. (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos solos afetados por sais (Richards, 1954).

Classificação	CEes (dSm⁻¹)	pH_{ps}	PST (%)
Salinos	>4	< 8,5	< 15
Salino-sódicos	>4	≤ 8,5	>15
Sódicos	< 4	≥ 8,5	>15
Normal	<4	<8,5	<15

A salinidade do solo é medida pela condutividade elétrica no extrato de saturação (C.E es), enquanto a sodicidade é avaliada pela porcentagem de sódio trocável (PST) no complexo de troca de cátions do solo. Valores de CEes acima de 4 dS m⁻¹ e de PST acima de 15% caracterizam o solo como salino-sódico, Estados Unidos, (1990). Sabendo que existe estudos que admitem de classificação considerando a CEes menor que 2 dS m⁻¹, pois a maioria das plantas sensíveis não suportariam uma CE de magnitude de 4 dS m⁻¹.

Portanto, de acordo com essa classificação, podemos diferenciar os solos salinos, salinos-sódicos e sódicos, com CE_{es}, pH e PST.

2.3 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE SOLOS SALINO-SÓDICOS

No tocante às práticas de manejo mais apropriadas para controlar a salinidade dos solos em longo prazo tornam-se fundamentais em um programa de cultivo de solos afetados por sais, principalmente visando à sustentabilidade, além de constituírem alternativas de uso e recuperação do solo. Dentre as técnicas de recuperação de solos salino-sódicos, a aplicação de corretivos químicos e a lavagem do solo são bastante utilizadas, por atuarem diretamente na correção dos problemas desses solos em relação às plantas (QADIR et al., 2001; MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2004).

No entanto, a fitoextração de sais solúveis utilizando plantas halófitas é uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, não agressivos ao ambiente. Segundo Qadir et al. (2007), a fitorremediação é uma estratégia eficiente de recuperação de solos salino-sódicos, com performance comparável à utilização de corretivos químicos. Qadir et al. (2001) concluíram que a fitoextração revela efeitos de recuperação comparáveis aos da aplicação de gesso, esterco de curral ou água de irrigação tratada com ácido sulfúrico. Observaram, ainda, que a fitorremediação obteve custo de implantação e condução inferior ao custo investido para tratamentos com os corretivos químicos.

A classificação dos solos quanto à sodicidade foi realizada de acordo com os critérios propostos por Massoud (1971), citado por Pizarro Cabello (1985; 1996), que agrupam as classes de PST conforme a (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação dos solos quanto à sodicidade em função da PST.

Classe	PST
Não-sódicos	< 7%
Ligeiramente sódicos	7% - 10%
Mediamente sódicos	11% - 20%
Fortemente sódicos	21% - 30%
Excessivamente sódicos	> 30%

No entanto, na correção dos solos salino-sódicos e sódicos existem outras técnicas que podem ser utilizados, além do gesso agrícola, pode-se também usar o enxofre, o sulfato de alumínio, o cloreto de cálcio e o ácido sulfúrico. Devido às quantidades encontradas nas Indústrias de Fertilizantes, como subproduto na fabricação de superfosfato simples, o gesso é o mais indicado pelo seu menor custo.

Já para a recuperação de solos salinos a lavagem é o mais indicado. Segundo Pizarro (1985), citado por Tavares Filho (2010) cita que para a correção de solos salinos, a lixiviação de sais deve ser feita de duas maneiras: Lavagem contínua que cobre a superfície do solo com uma lâmina de água de 10 cm de altura. Aqui, os sais são removidos mais rapidamente e permite uma exploração mais cedo da área. Este método é recomendado para os solos que apresentam boa permeabilidade, lençol freático profundo e alta taxa de evaporação.

Na Lavagem intermitente que é indicado para solos com reduzida capacidade de drenagem, lençol freático elevado e água subterrânea de baixa salinidade. Deve ser aplicada nos períodos de baixa taxa de evaporação. Os sais devem ser lixiviados na estação fria quando a evaporação é menor. Devem-se cultivar espécies mais tolerantes à salinidade, pois há uma economia de água pela menor lixiviação. Evitar períodos prolongados sem irrigar, pois favorece o acúmulo de sais.

2.4 TOLERÂNCIA À SALINIDADE

Certas plantas tolera bem o solo com excesso de sais, outras, porém, não tem essa capacidade de tolerar. Então, o conceito de tolerância à salinidade fundamenta-se na aptidão das plantas em se desenvolver sob condições de estresse salino (MUNNS, 2002). E para adaptação às condições adversas geradas pelos expressivos teores de sais do sistema, as plantas halófitas possuem determinados mecanismos de sobrevivência (ZHU, 2001).

As plantas que possuem a habilidade de sobrevivência em condições adversas com desenvoltura, por exemplo, na redução do potencial osmótico (ARAÚJO et al., 2006), conseguindo, dessa forma, romper os efeitos da restrição de água e da presença de altas

concentrações de sais e sódio do ambiente. Esse grupo de vegetais que respondem positivamente à salinidade é classificado como halófitas (KOYRO, 2006).

2.5 EFEITOS DOS SAIS NAS PLANTAS

Os sais provocam vários efeitos às plantas existem espécies que são mais tolerantes outras mais sensíveis. Havendo variação de respostas de acordo com os níveis e tipos de sais, assim como entre e dentro das espécies vegetais.

Um dos efeitos das altas concentrações de sais no solo é o estresse osmótico é o efeito mais marcante provocado pela salinidade nas plantas, que restringe a absorção de água pelos vegetais devido à diminuição do potencial osmótico na solução do solo. De acordo com as leis da termodinâmica, o potencial de energia de uma substância aumenta em função de sua concentração. E essa substância se moverá de áreas com potenciais maiores para aquelas com potenciais menores (EPSTEIN & BLOOM, 2006). A concentração de sais pode alcançar valores tão elevados que a planta eventualmente perderá água para o meio externo (DIAS & BLANCO, 2010).

Além desses efeitos osmóticos, quando a planta absorve os íons salinos, pode ocorrer toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Esses efeitos interferem no crescimento e desenvolvimento vegetal, afetando o funcionamento normal da atividade enzimática e, em consequência, processos fisiológicos e bioquímicos, tais como respiração, fotossíntese; síntese de proteínas e metabolismo de lipídios (ESTEVES & SUZUKI, 2008; FREIRE & RODRIGUES, 2009; DIAS & BLANCO, 2010; GONÇALVES et al., 2011). Esses efeitos agindo diretamente sobre o desenvolvimento vegetal, Barros et al. (2009) destacam reações indiretas, oriundas dos efeitos dos sais sobre o solo. A estrutura de solos sódicos impede a germinação de sementes e o desenvolvimento de raízes, além de aumentar o consumo de energia da planta, representando sérios problemas para a produtividade agrícola. Portanto, os sais acarretam umas séries de problemas às plantas, interferindo em todo o sistema metabólico, afetando o sistema fisiológico, consequentemente redução da produção.

2.6 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação é uma técnica de baixo custo na recuperação de solos, algumas pesquisas têm apontado a técnica da fitorremediação como alternativa de manejo de áreas

degradadas pela salinização e sodificação, por meio do cultivo de plantas capazes de acumular os sais em excesso, retirando-os do solo. Para isso, é necessário utilizar espécies de plantas capazes não só de tolerar elevados níveis de sais, como também de produzir biomassa suficiente para extrair quantidades consideráveis dos sais (FREIRE et al., 2010).

Para êxito da fitoextração de sais em solos salino-sódicos, as plantas devem apresentar tolerância ao excesso de sais e alta produção de biomassa nessa condição. Além disso, devem acumular elevados teores de sais na parte aérea, visando possibilitar a remoção dos sais com a colheita das plantas. As halófitas são plantas adaptadas a altos níveis de salinidade no solo e têm capacidade de acumular quantidades elevadas de sais em seus tecidos (ZHU, 2001). Por essas características, podem ser usadas para recuperação de solos afetados por sais (SQUIRES & AYOUB, 1994; MIYAMOTO et al., 1996).

No tocante as halófitas, o gênero *Atriplex* vem-se destacando em regiões semiáridas por seu fácil estabelecimento, importante suporte proteico, produção constante de forragem e boa aceitabilidade pelo gado (AGANGA et al., 2003; BEN SALEM et al., 2003). A *A. nummularia* pode ser utilizada como recurso forrageiro importante na complementação de dieta de ruminantes, graças ao seu valor nutritivo (em torno de 17 % de proteína) e alta digestibilidade (70 %) (IPA, 2004) e ainda apresenta taxas de absorção de sais solúveis que atingem 1,15 t ha⁻¹ ano⁻¹ (PORTO et al., 2001).

2.6.1 Erva-Sal (*Atriplex numulária* L.)

A *Atriplex nummularia* L., (figura 1 e 2) comumente conhecida como erva-sal, originária das regiões desérticas da Austrália, é considerada como uma planta halófito. Este vegetal é uma das mais importantes espécies empregadas na recuperação de solos salinos em todo o mundo, contribuindo para o processo de fitorremediação desses solos. Dessa forma, fitoextração de sais solúveis utilizando plantas halófitas é uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos (LEAL et al., 2008; FREIRE et al, 2009; LIMA JUNIOR et al., 2010).



Figuras 1 Erva-Sal (*Atriplex nummularia* L.) na área do experimento

O gênero *Atriplex* pertence à família *Chenopodiaceae*, que conta com mais de 400 espécies distribuídas nas diversas regiões áridas e semiáridas do mundo, principalmente na Austrália, onde apresenta uma diversidade de espécies e subespécies (FRANCLET & Le HOUÉROU, 1971; FREIRE et al., 2010). É um arbusto de vida longa que se constitui em um dos recursos forrageiros adaptados a terrenos de sequeiro das regiões áridas e semiáridas em diversos continentes (FREIRE et al., 2010).

A *Atriplex nummularia*, é uma planta com necessidade de elevadas concentrações de NaCl para seu crescimento, destacando-se em regiões semiáridas por seu fácil estabelecimento, importante suporte proteico, produção constante de forragem e boa aceitabilidade pelo gado (AGANGA et al., 2003; BEN SALEM et al., 2003).

A Erva-Sal apresenta metabolismo C4, que são aquelas cujo produto inicial da fixação primária de CO₂ da fotossíntese resulta em moléculas com quatro carbonos, enquanto, em plantas C3, compostos com três carbonos se originam inicialmente. Sob condições de temperatura e luminosidade elevadas, as plantas C4 são mais eficientes que as C3, em decorrência de características fisiológicas, que favorecem a taxa fotossintética e transpiratória, o que lhe confere uma alta eficiência no uso da água (TEIXEIRA et al., 1983).

O aumento da salinidade resulta em maior suculência, conservando a água no interior do tecido vegetal, reduzindo a taxa de transpiração. Dentre as plantas halófitas, a *Atriplex nummularia* é a que apresenta maior tolerância ao sal (MIYAMOTO et al., 1994).

As espécies de *Atriplex* caracterizam-se, em geral, por suportar tanto a aridez quanto a salinidade e produzem forragens ricas em proteína e caroteno. Também apresentam a propriedade de manter abundante fitomassa foliar ativa durante os períodos desfavoráveis do ano, sobretudo na época das secas (OLIVARES, 1983). Seu uso como forrageira é importante na complementação de dieta de ruminantes, graças ao seu valor nutritivo (em torno de 17% de

proteína) e alta digestibilidade (70%) (IPA, 2014), apresentando, ainda, taxas de absorção de sais solúveis que atingem aproximadamente 1,15 t ha⁻¹ ano⁻¹ (PORTO et al., 2001).

2.6.2 Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* L.)

O capim pé-de-galinha (figura 3 e 4) é uma planta herbácea, da família das gramíneas, conhecido principalmente como erva invasora. É da Família Poaceae, pertence ao grupo das plantas daninhas, é de clima continental, equatorial, mediterrâneo, oceânico, subtropical, temperado, tropical e de origem Asiática, chegando à altura de 0,4 a 0,6 metros.



Figura 2. Capim-pé-de Galinha (*Eleusine indica* L.) na área experimental

O Capim-pé-de Galinha se desenvolve bem em qualquer tipo de solo, sendo presença marcante em beiras de estradas e terrenos baldios além de infestar diversas culturas. Relativamente resistente à seca e a alta umidade. Dissemina-se principalmente por ação de animais, visto que suas sementes não são digeridas. Hoje está distribuída pelas regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo. No Brasil é encontrada em todo o território, sendo comum no sul, sudeste, centro-oeste e terras firmes da região Amazônica (IVES GOULART, 2013).

O *Eleusine indica* L. tem grande plasticidade, suas sementes germinam em qualquer época do ano, porém no inverno o crescimento é mais lento embora a produção de sementes seja igualmente elevada. Existem casos de resistência a certos herbicidas no centro-oeste para essa espécie (IVES GOULART, 2013).

2.6.3 Salsa – Brava (*Ipomoea asarifolia* L.)

São diversas as espécies do gênero *Ipomoea*, estão incluídas dentre as plantas daninhas que ocorrem com frequência em áreas cultivadas (BLANCO, 1978; GROTH, 1991;

KISSMAN & GROTH, 1992). A *Ipomoea asarifolia* é uma liana perene de hábito rasteiro, da família Convolvulaceae, popularmente conhecida como salsa, batata-salsa, batatarana, salsa-brava, salsa da praia, que é encontrada entre várias culturas e em margens de rios, lagoas e praias marítimas, em terrenos abandonados, nas margens de estradas e em lugares próximos de habitações, de preferência em solos arenosos (BLANCO, 1978).

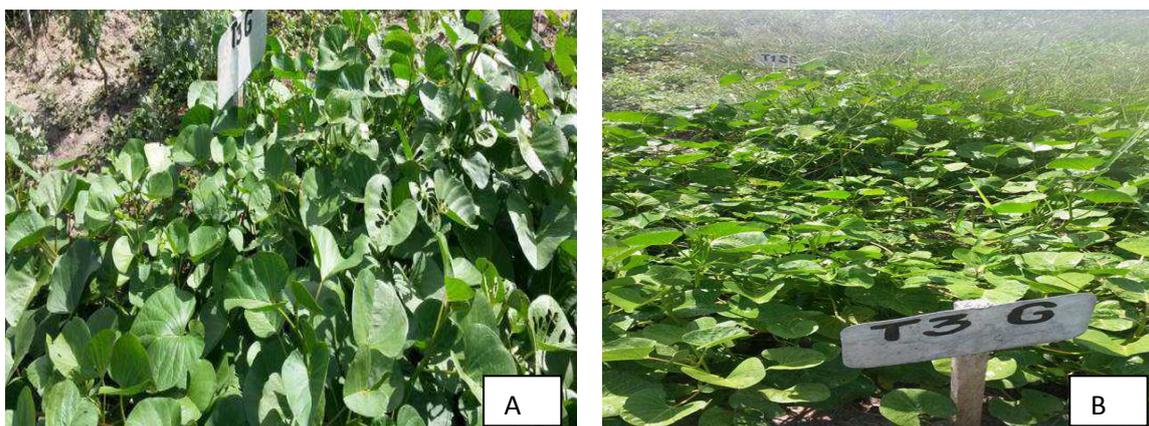


Figura 3. Salva – Brava (*Ipomoea asarifolia* L.) na área experimental

A Salsa é uma planta de caule macio ou maleável, normalmente rasteiro, sem a presença de lignina, ou seja, sem caule lenhoso (JUNIOR et al., 2008). Segundo AUSTIN & CAVALCANTI (2008) e DÖBEREINER et al. (1960), quanto à sua distribuição e habitat, essa Convolvulaceae é pantropical, com ampla ocorrência no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde é bastante utilizada para tratamento dermatológico, tem altas taxas de frutificação e de germinação, elevado número de sementes por fruto e forma de propagação vegetativa, a salsa pode ser considerada como “planta invasora ideal”, segundo a terminologia descrita por Baker (1974).

A *Ipomoea. asarifolia* L. é abundante nos lençóis maranhenses, onde permanece verde durante todo o ano e atua, em algumas áreas, como barreira natural ao avanço das dunas, (CHAVES et al., 2008).

2.6.4 Gesso Agrícola

O gesso é um mineral que apresenta vários produtos de hidratação, sendo o mais comum a gipsita $[Ca(SO_4)2 \cdot 2H_2O]$. Sua eficiência é determinada pelo grau de dissolução, o gesso é um minério que ocorre abundantemente em todo o mundo e cuja solubilidade é cerca

de 2,04 g L⁻¹ a 25°C que por sua vez sofre influência do método de aplicação e da composição granulométrica das partículas do gesso (BARROS et al., 2004).

Segundo, Dias (1992) afirma que o íon Ca²⁺ fornecido pelo gesso pode reagir no complexo de troca do solo deslocando Al³⁺, K⁺ e Mg²⁺ para a solução, que podem por sua vez reagir com o sulfato (SO₄²⁻) formando AlSO₄⁺ e os pares iônicos neutros K₂SO₄⁰ e MgSO₄⁰ além do CaSO₄⁰ os quais apresentam grande mobilidade no perfil. Desta forma, o gesso promove maior movimentação de cátions em profundidade devido a fatores como a sua solubilidade, manutenção das cargas elétricas do solo submetido à gessagem, e a permanência de grande parte do ânion sulfato na solução do solo (ERNANI, 1986; CAIRES et al., 1998).

Diante das informações mencionadas, observa-se que o gesso não promove a correção do pH do solo, visto a presença do ânion SO₄²⁻ na solução. Assim, ao contrário do que acontece com o ânion carbonato proveniente do calcário, o SO₄²⁻ não recebe prótons (H⁺) o que faz com que o pH do solo não se altere (RAIJ, 2008). Mesmo sem reflexos no pH, os benefícios da gessagem devem ser considerados, já que o insumo promove melhorias nas características químicas e físicas do solo, melhorando assim, a nutrição mineral das espécies vegetais, aumentando a produtividade das culturas comerciais (SOUSA et al., 1996; CAIRES et al., 2002 e SORATO et al., 2010).

Vários corretivos que podem ser utilizados na recuperação de solos com excesso de sódio trocável, o gesso é o corretivo mais empregado, devido à simplicidade de manuseio, facilidade de se encontrar no mercado e baixo custo (BARROS et al., 2009). As principais áreas de ocorrência do gesso no Brasil são as reservas associadas às bacias sedimentares, especialmente a do Araripe (MELO et al., 2008). O Estado de Pernambuco possui na região do Polo Gesseiro uma produção de 2,6 milhões de toneladas ano-1, representando 95% de todo o gesso mineral brasileiro (FREIRE et al., 2007).

Diante da reconhecida eficiência do gesso e sabendo-se que a salinização e, ou, sodificação do solo é responsável pela redução na produção agrícola, culminando quase sempre com o abandono de áreas agricultáveis, o que causa prejuízos à economia regional (MELO et al., 2008), o gesso se caracteriza como o corretivo mais amplamente utilizado na recuperação de solos sódicos e salino-sódicos. É interessante que, ao se projetar um projeto de recuperação de solos com o emprego desse corretivo químico ou de outras técnicas, os fatores relacionados às características da região e do solo, assim como a dos condicionadores a serem utilizados, sejam avaliados e compatíveis.

Em solos com problemas de excesso de sais, o gesso reduz o selamento superficial, contribuindo com o aumento da taxa de infiltração de água no solo, reduzindo, conseqüentemente, os teores de Na^+ no complexo de troca. Os critérios estabelecidos no processo de remediação e no manejo de solos afetados por sais fundamentam-se no movimento de água no solo (CAVALCANTE et al., 2010), e objetivam propiciar condições favoráveis de umidade, aeração e balanço de sais ao sistema radicular das culturas.

Logo, faz-se necessária a instalação de um sistema de drenagem subterrânea em áreas irrigadas, para a lixiviação dos sais o que constitui uma das principais infraestruturas no processo de dessalinização dos solos, devido à baixa permeabilidade destes solos (ARAÚJO et al., 2011).

Portanto, o gesso é um condicionante muito usado na lixiviação de solos com problemas de sais, além de ser de baixo custo e de muita abundância, mas a eficiência na lixiviação é maior quanto melhor for o sistema de drenagem.

No tratamento de correção química com aplicação de gesso, a necessidade de aplicação do corretivo do gesso foi de acordo com a equação da Dose Teórica da necessidade de gesso (Tabela 4). A definição da quantidade do gesso foi baseada na análise inicial do solo, tomada antes da montagem do experimento que visou baixar a PST de 17% para 7%. Todo o gesso foi aplicado a lanço e incorporado manualmente, com o uso de enxada, a 15 cm de profundidade. O tratamento testemunha (controle) foi mantido sem nenhum manejo, servindo de referencial comparativo com os demais tratamentos.

Tabela 4. Necessidade de Gesso (PIZARRO, 1978)

$$\text{NG (kg/ha)} = ((\text{PST}_1 - \text{PST}_2) \times \text{CTC} \times 86 \times \text{pr} \times \text{ds}) / 100$$

PST₁= 17: valor encontrado no cálculo, em relação ao teor de sódio na análise do solo; PST₂= 7: valor que queremos atingir para diminuir o teor de sódio no solo; CTC do solo= 8,2; CTC = Ca + Mg + K + Na + (H + Al); 86 = peso equivalente do gesso agrícola $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 40+32+(16 \times 4) + 2 \times (1 \times 2 + 16) = 172$ que dividido pela valência 2 = $172/2 = 86$; pr = 0,15: profundidade que se quer corrigir em cm; ds = 1,53: densidade do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB, e antes da instalação do experimento realizou-se análise química (fertilidade), salinidade e física do solo, a fim de diagnosticar a qualidade do solo para posteriormente usar técnicas e método que visam à recuperação da área degradada pela sodificação por meio das técnicas de fitorremediação com *Atriplex numulária* L., *Eleusine indica* L., *Ipomoea asarifolia* L. e Gesso

agrícola. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As operações de implantação do experimento compreendem: isolamento da área, limpeza manual da área, revolvimento do solo manualmente para posterior incorporação do gesso e plantio das mudas de *Atriplex nummuralia* L., *Eleusine indica* L. e *Ipomoea asarifolia* L. O tratamento testemunha foi mantido sem nenhum manejo, servindo de referencial comparativo com os demais. As mudas das espécies foram plantadas no espaçamento de 0,50 x 0,50 m, perfazendo nove plantas por parcela.

A necessidade de gesso foi estimada de acordo com o teor de argila do solo, teor de sódio trocável e na profundidade do solo que se pretende corrigir, segundo a metodologia de Richards (1954), na profundidade de 0-15 cm. O gesso foi aplicado a lanço e incorporado ao solo, quarenta dias antes do transplante das mudas, período no qual o solo foi mantido úmido para a reação química desejada do gesso. Antes, porém, foi aberta trincheiras com a devida declividade para a instalação dos drenos. Ao final do período de 40 dias foram aplicados em todas as parcelas duas lâminas de água para realizar a lixiviação dos sais, logo em seguida foram feito o transplante das plantas. As plantas foram irrigadas com a água do poço amazonas, cuja análise físico-química foi realizada antes do início do experimento, aplicando uma lâmina de 8 mm a cada irrigação três vezes por semana.

As plantas foram podadas à altura de 15 cm do solo a cada 70 dias, em três coletas num período 210 dias, ocasião foi determinada a produção da fitomassa verde e seca da parte aérea, na mesma ocasião, foram coletadas amostras de solo das parcelas para a análise de pH, CE, Na, Ca, Mg, cálculo da PST, cálculo da RAS, densidade aparente, porosidade total e grau de floculação.

3.1 Diagnóstico e qualidade do solo do Perímetro Irrigado de São Gonçalo - PB

3.1.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB (Figura 7), situado a 220 metros de altitude, entre as coordenadas geográficas Latitude: 6° 46' 4" S e Longitude: 38° 12' 36" W. A precipitação média anual gira em torno de 894 mm, com o período chuvoso se estendendo de janeiro a maio MASCARENHAS et al., 2005).

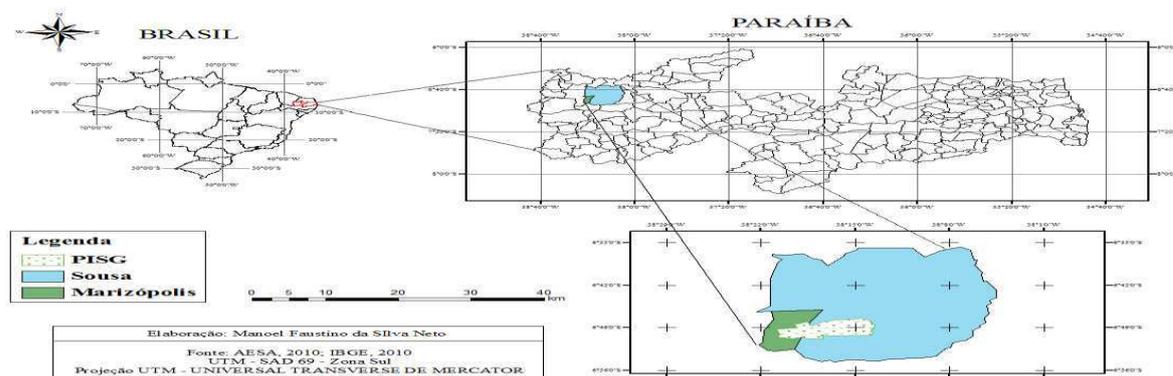


Figura 4. Localização geográfica da área experimental no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB

O clima de São Gonçalo é caracterizado como semiárido quente (do tipo Bsh na classificação climática de Köppen), caracterizado pela escassez e irregularidade de chuvas, assim como a forte evaporação por conta das altas temperaturas. As temperaturas médias variam, com mínimas de 22 °C e máximas de 38 °C. A estação chuvosa dura apenas cinco meses, com precipitação média de quase mil milímetros anuais, enquanto a evaporação anual em torno de 1500 milímetros mm (figura 8).

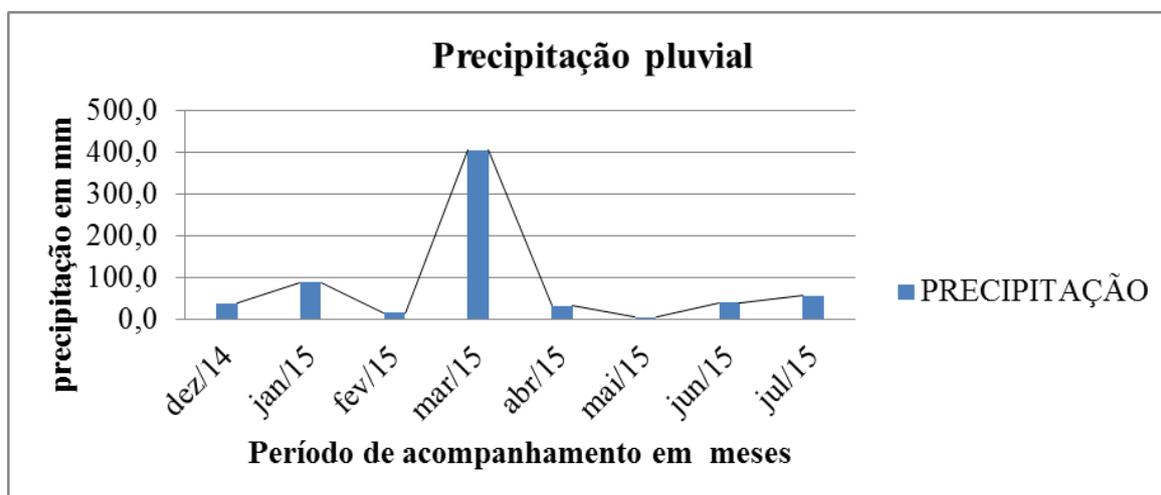


Figura 5. Precipitação pluvial dos meses de dezembro de 2014 a julho de 2015 do local de execução do experimento (Fonte o autor).

Durante o período de acompanhamento foram realizada irrigação para suprir a falta e a insuficiência ou má distribuição das precipitações atmosférica, nesse período, portanto, eram mantidas uma lâmina de 8 mm a cada dois dias, suspendendo-os em dias de precipitação maior que essa lâmina. As temperaturas foram monitoradas diariamente durante a execução do experimento (Figura 6). As temperaturas máximas e mínimas foram de 45 e 15°C, respectivamente no local da pesquisa.

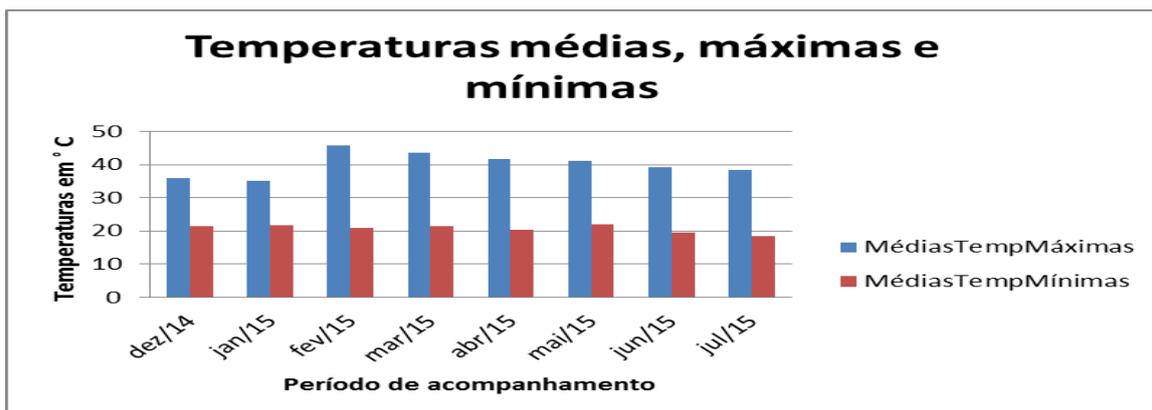


Figura 6. Valores médios, máximos e mínimos de temperatura durante o período de execução do experimento, medidos diariamente. Obs: As medições foram efetuadas às 9 h da manhã no momento da irrigação.

3.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, constando de oito tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos: solo cultivado com plantas de *Atriplex nummularia* L.; solo cultivado com plantas de *Eleusine indica* L.; solo cultivado com plantas de *Ipomoea asarifolia* L.; solo sem cultivo com aplicação de gesso agrícola; aplicação de gesso agrícola + cultivo de *Atriplex*; aplicação de gesso agrícola + cultivo de *Eleusine indica*; aplicação de gesso agrícola + cultivo de *Ipomoea asarifolia* L. e solo sem manejo (testemunha). A área do experimento era plana, todas as parcelas experimentais eram de 1,96 m² (1,40 x 1,40 m), numa área total de 62 m². Todas as plantas foram delineadas num espaçamento de 0,50 x 0,50 m, ocupando nove plantas por parcela (Figuras 7A e B, 8 A e B, 9 A e B). Fonte: o autor.



Figuras 7 A e B. (*Atriplex nummularia* L.)



Figuras 8 A e B. (*Eleusine indica* L.)



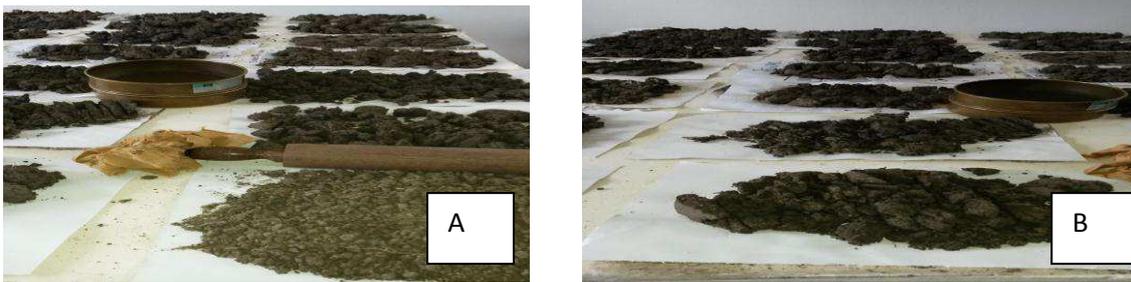
Figuras 9 A e B. (*Ipomoea asarifolia* L.)

3.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ANÁLISE DE VARIANÇA

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise da variância em função dos fatores tratamento e tempo, considerando-se os que foram significativos. As médias das variáveis significativas foram submetidas ao teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

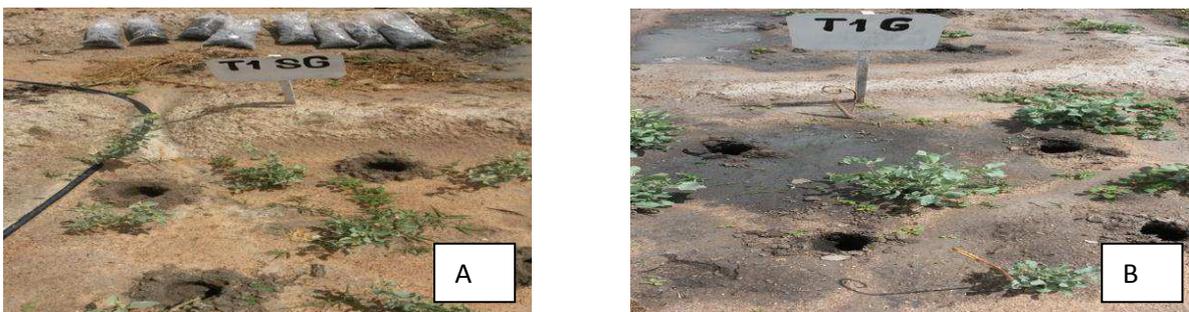
3.4. MONTAGEM E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB, na área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba no período 14 de dezembro de 2014 a 14 de julho de 2015. O solo da área experimental foi classificado como um Luvissole Crômico Eutrófico, salino-sódico (EMBRAPA, 2013; RICHARDS, 1954) e coletada na profundidade de 0-15 cm. O solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 2 mm para caracterização física e química após o procedimento de preparo da TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) (Figura 10 A e B).



Figuras 10 A e B. Secagem das amostras do solo para preparo da TFSA

Foram realizadas quatro amostragens, sendo a primeira antes da montagem do experimento e aos 70, 140 e 210 dias após a aplicação dos tratamentos. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-15 cm de profundidade para realização das análises físicas e salinidade. São coletadas amostras compostas com quatro amostragens de cada parcela, retirando uma amostra simples para análise em laboratório, a fim de diagnosticar os ensaios dos atributos químicos e físicos do solo (Figura 11 A e B).



Figuras 11 A e B. Amostragem do solo depois da poda das plantas

3.4.1. Avaliação da qualidade dos solos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB

Na caracterização do solo foi realizada em amostra composta de solo, antes da instalação do experimento, depois retirado amostras simples, preparadas e analisadas, o extrato de saturação foi obtido segundo metodologia de Richards (1954). Determinaram-se no extrato da pasta saturada a Condutividade Elétrica (CE), na pasta o pH, cálcio e magnésio por titulometria e sódio e potássio por fotometria de chama. Com os valores obtidos de cálcio, magnésio e sódio, quantificaram a Relação de Adsorção de Sódio, (RAS) e encontraram-se a PST estimada, Antes da instalação do experimento foi realizado análise do solo, a fim de diagnosticar e classificar o solo, como o pH na pasta saturada foi igual a 8,5, condutividade elétrica no extrato de saturação maior que $4,0 \text{ dSm}^{-1}$ e PST maior que 15%, portanto, classificado como Salino-Sódico, segundo Richards,1954. Os resultados encontram-se no quadro abaixo (Tabela 5).

Tabela 5. Análise e classificação do solo na área do experimento no PISG

Análise de Salinidade de Solo												
Prof. cm	% de água na ps	pH _{ps}	CE _{es} dSm ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃	Cl	PST	*Classe do Solo
				-----mmol _c L-----								
0-15	28,5	8,5	4,23	0,42	24,2	4,6	1,45	0,00	39,00	35,0	17	Salino-Sódico

*Richards, 1954

PISG: Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB; pH_{ps}: pH na pasta saturada; CE_{es}: condutividade elétrica no estrato de saturação; PST: Percentagem de sódio solúvel no complexo sortivo.

Na caracterização física, antes de instalação da pesquisa e seguindo procedimentos da EMBRAPA (1997), foram determinados a composição granulométrica, densidade de partículas pelo método do anel volumétrico e densidade de partículas por titulometria em etanol. (Tabela 6).

Tabela 6. Análise física e classe textural do solo na área do experimento no PISG

Análise Física de Solo													
Prof. Cm	Granulométrica -----gkg ⁻¹ -----			Dens. Aparente g cm ³	Dens. Real g cm ³	PT m ³ m ³	Umidade Mpa			Água disponível gKg ⁻¹	Argila natural gKg ⁻¹	GF gKg ⁻¹	Classe Textural
						0,01 0,033 1,5 -----gKg ⁻¹ -----							
0-15	720	205	75	1,53	2,84	0,86	155	181	70	85	50	333	Areia-Franca

PISG: Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB; Granulometria: Argila e Silte pelo densímetro de Boyoucos, Areia por peneiramento; Densidade aparente: método do anel volumétrico; Densidade real: método do balão com etanol; Umidade: Estimativa com base na classe textural; PT: porosidade total; GF: grau de flocculação.

3.4.2. Análise e Qualidade da água de irrigação

Previamente a instalação do experimento em campo, realizou-se análises físico-químicas da água de irrigação no período seco (dezembro de 2014) e logo após as chuvas, também se realizou análise da água da drenagem (Tabela 7).

Tabela 7. Análise físico-química da água de irrigação

Fonte	pH	CE dSm ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	NaCl	CaCO ₃	RAS	Classe
			-----mmol _c L-----				-----mgL ⁻¹ -----		(mmol _c L) ^{0,5}	
Poço Amazonas (período seco)	7,9	0,39	0,12	0,68	0,85	0,90	179,1	153,8	0,73	C2S1
Poço Amazonas (depois das chuvas)	8,6	0,50	0,17	1,02	1,30	0,90	225,0	196,6	0,97	C2S1

C2 S1: Água de salinidade média e baixa quantidade de sódio, apropriada para irrigação em solos que apresentem boa drenagem, sem risco de causar salinização e alcalinização, embora plantas sensíveis ao sódio possam acumular quantidades prejudiciais de sódio; CE: condutividade elétrica; RAS: relação de adsorção de sódio.

No caso específico do Nordeste, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios, açudes e poços tubulares apresentando, com algumas exceções, valores de CE abaixo de $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ e percentual de sódio abaixo de 60%. São águas consideradas de boa qualidade e não apresentam maiores problemas para irrigação sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais, comumente verificado por falta de drenagem, observa-se uma gradativa salinização do perfil do solo irrigado e progressivo aumento das áreas problemáticas (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2001).

Na avaliação da qualidade da água para irrigação, em relação ao perigo de sódio, considera-se, além da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e condutividade elétrica.

4. CONDUÇÃO DA PESQUISA EM CAMPO

4.1 Lâminas de Lixiviação

Antes do transplante foi aplicado, a lanço o gesso nos tratamentos com gesso, e mantido úmido todas as parcelas, para que ocorra a reação química do gesso agrícola, as mesmas condições de umidade foram dadas as outras parcelas, durante 40 dias. Final desse período foi aplicado duas lâminas de lixiviação (Figura 12) para lixiviar os sais. Na área experimental foi instalada uma pequena subestação com um termômetro de máximo e mínimo e um pluviômetro para acompanhamento diário da temperatura e ocorrências de chuvas (Figura 13).



Figura 12. Lâminas de Lixiviação



Figura 13. Pluviômetro e Termômetro

4.2. Tratamentos com Plantas

Nos tratamentos de fitorremediação foram utilizadas mudas de *Atriplex nummularia* L., *Eleusine indica* L. e *Ipomoea asarifolia* L. com idade de 60 dias, as mudas de *Atriplex nummularia* L. e *Ipomoea asarifolia* L. foram propagadas por estaquia e as de *Eleusine indica* L. por enraizamento com perfilhos de uma planta matriz, todas as mudas foram propagadas em substrato preparado a partir de composto orgânico e areia (1:3). O transplântio foi realizado manualmente, com uma planta por cova, colocando-se apenas o torrão da muda, sem a aplicação de fertilizantes em nenhum momento. Logo após o transplântio das mudas foi realizada uma irrigação manual na cova para estabilização das mudas, mantendo-se uma irrigação diária de 4 mm nos primeiros 30 dias para o estabelecimento das mudas.

O controle das ervas invasoras foi realizado por capinas com enxada. Houve ataque de lagarta na *Atriplex nummularia* L e *Ipomoea asarifolia* L, após a primeira colheita, qual foi controlado através de uma pulverização com inseticida a base de Metomil.

4.3. Análises em Laboratório

4.3.1. Atributos Químicos do Solo.

O solo da área experimental foi analisado a cada 70 dias, totalizando três amostragens, nas profundidades de 0-15 cm, após a obtenção do extrato da pasta saturada para determinação do pH, da condutividade elétrica (CE a 25°C), dos teores de cátions solúveis cálcio, magnésio e sódio. Com os resultados das análises serão calculadas: a relação de adsorção de sódio (RAS) e a percentagem de sódio trocável (PST). Para a avaliação dos atributos químicos, as amostras de solo foram submetidas às análises dos elementos solúveis, com o preparo do extrato da pasta saturada, pelo método descrito por EMBRAPA (1997). No extrato da pasta saturada mediram-se a condutividade elétrica (CE a 25°C) e o pH na pasta de saturação, determinaram-se os cátions solúveis: Ca^{2+} e Mg^{2+} , por titulometria; Na^+ e K^+ por fotometria de emissão de chama.

4.3.2. Preparo da Pasta Saturada

No solo depois de destorroada e preparada a TFSA eram preparada a pasta saturada (Figura 13), na pasta realizou-se pH, no estrato de saturação foram realizados a CEes, no condutivímetro digital, encontrados teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} mediante titulação, Na^+ e K^+ por fotômetro de chamas.



Figura 13. Preparo da Pasta Saturada

Na caracterização química a pasta saturada foi obtida segundo a metodologia descrita por Richard (1954), determinando-se, no extrato da pasta saturada, a condutividade elétrica na pasta de saturação (CEes) e os íons solúveis de cálcio e magnésio por titulação, sódio e potássio por fotometria de chama. Após obtenção dos valores de cálcio, magnésio e sódio solúveis foram quantificados a relação de adsorção de sódio (RAS) usando-se a equação representada abaixo. (Figura 14). Foram analisados, também, os cátions trocáveis Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como o K^+ e Na^+ , extraídos com solução de KCl 1 mol L^{-1} e Mehlich 1, respectivamente, e calculadas: a relação de adsorção de sódio (RAS), (Figura 14) e a percentagem de sódio trocável (PST), (Figura 15), conforme EMBRAPA (1997).

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})^{1/2} \cdot 2}$$

Figura 14. Representa a equação da relação de Adsorção de Sódio

Da posse da RAS, calculou-se a PST em função da RAS baseado na equação representado abaixo. (Figura 15).

$$PST = \frac{100(0,01475RAS - 0,0126)}{1 + (0,01475RAS - 0,0126)}$$

Figura 15. Representa a equação da PST em função da RAS

4.3.3. Atributos Físicos do Solo

Foram analisados os teores de argila total e de argila natural, pelo método do densímetro de acordo com EMBRAPA (1997). A densidade aparente pelo método da amostra indeformada e a porosidade total pela saturação em água.

4.3.4. Aspectos das análises físicos dos solos

4.3.4.1. Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro de acordo com EMBRAPA (1997), porém, com utilização de agitação copo metálica do agitador elétrico por 5 minutos, Agitar a suspensão durante 20 segundos com um bastão, tendo na sua extremidade inferior uma tampa de borracha de diâmetro um pouco menor do que o do cilindro ou proveta. Marcar o tempo após concluir a agitação, realizar a leitura com densímetro após 2 h. depois retirar a areia lavando água com peneira de malha de 0,2 mm, encontra-se areia fina e argila dispersa e silte por diferença.

4.3.4.2. Argila dispersa em água

A argila dispersa em água (ADA) foi determinada seguindo método descrito para análise granulométrica, com agitação e leitura com 2h e suprimindo-se o uso do dispersante químico (EMBRAPA, 1997). Com os dados de ADA e os de argila total, calculou-se o grau de dispersão.

4.3.4.3. Densidade do solo e das suas partículas sólidas

Para a determinação da densidade do solo, foram usadas as amostras coletadas em anéis (método do anel volumétrico), a partir de cada camada de solo estudada. A densidade

das partículas sólidas do solo foi avaliada segundo o método do balão volumétrico, utilizando-se álcool como líquido penetrante. Ambos os procedimentos foram executados segundo EMBRAPA (1997).

As mudas das plantas foram preparadas previamente a instalação em campo. Confeccionaram-se as mudas de *Atriplex numulária* e Salsa (*Ipomoea asarifolia*) por estaquia, capim (*Eleusine indica*) por enraizamento, (Figura 14). Depois do preparo do terreno as mudas foram transferidas para o campo, plantadas no espaçamento de 50 cm entre linhas e 50 cm entre plantas.

Nos primeiros 30 dias foram mantidos irrigação manual na cova para estabilização das mudas, logo após foi instalado o sistema de irrigação por micro aspersão mantendo duas irrigações por semana, não foi realizado nenhuma adubação em campo, mantendo a fertilidade inicial do solo.

Realizou-se uma pulverização com lagarticida para combater a lagarta. A cada 70 dias realizava-se uma avaliação do solo e das plantas, no solo realizava análise física e salinidade, nas plantas encontrava-se a produção de fitomassa verde e seca.

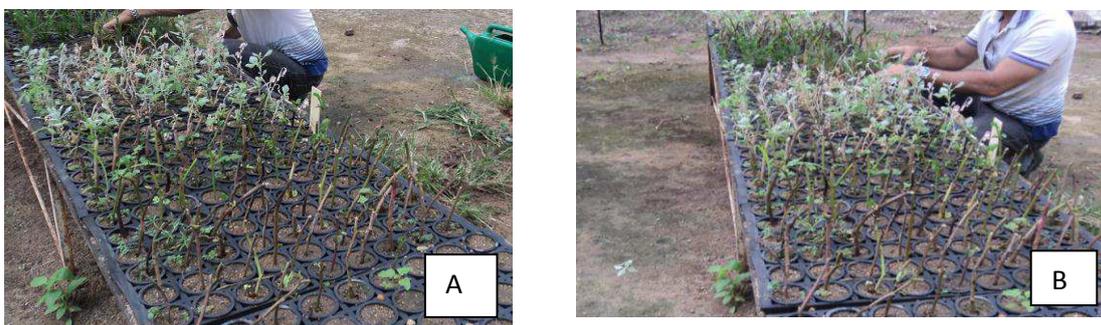


Figura 16 A e B. Preparo das mudas de *Atriplex numulária* L., *Ipomoea asarifolia* L., *Eleusine indica* L.

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1. Atributos Químicos dos solos do Perímetro Irrigado

Na caracterização do solo na área do Perímetro Irrigado, podemos observar que o solo inicialmente como um solo com pH elevado, um teor de sódio elevadíssimo, PST na faixa de solo com problemas de salinização, após aplicação dos tratamentos houve melhoria nas características químicas e físicas do solo, (Tabela 8).

Verificou-se que a CEes média dos solos no período das três coletas foi, em sua maioria, baixa, com maior valor médio de $1,60 \text{ dS m}^{-1}$. Contudo, observou-se a variabilidade da CEes em todas as amostras analisadas, com valores mínimos e máximos variando entre os tratamentos aplicados, indo de $1,16$ a $2,33 \text{ dS m}^{-1}$, com acréscimo de mais de 2 vezes o valor mínimo, desta forma pode-se concluir que apesar deste dobro da CEes variabilidade em termos de CEes, a maioria das amostras tem valores inferiores a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, estando abaixo do limite de 4 dS m^{-1} , que classifica os solos como salinos (USSL Staff, 1954). Essa redução pode-se ser considerada significativa, onde o menor valor da CEes é duas vezes menor da maior CEes ($2,33 \text{ dS m}^{-1}$), que é o solo sem tratamento (a testemunha), isso indica que os demais tratamentos houve redução na CEes durante esse período de acompanhamento da pesquisa e considerando o valor inicial da a CEes ($4,23 \text{ dS m}^{-1}$), (tabela 8), houve uma grande redução após aplicação dos tratamentos .

Depois de 210 de avaliação, em três coletas de 70 dias, estão resumidas as análises de salinidade e físicas do solo na profundidade de 0-15, onde se caracteriza através de médias os parâmetros químicos e físicos analisados (Tabela 8).

Tabela 8. Caracterização média do solo ($n^{\circ}= 96$ amostras) durante o tempo de avaliação no experimento aos 70, 140 e 210 dias.

Análise de Salinidade e Física de Solo												
Dias	Prof. cm	pH _{ps}	CEes dSm ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	RAS	PST	GF	PT	Ds
0	0-15	8,5	4,23	0,42	24,2	4,60	1,45	13,91	17,0	333	0,86	1,53
70	0-15	8,7	1,76	0,40	4,90	3,74	3,61	2,85	4,24	337	0,46	1,45
140	0-15	8,1	1,65	0,41	4,68	4,66	3,30	2,62	3,90	350	0,50	1,37
210	0-15	7,9	1,41	0,61	4,60	5,81	4,18	2,14	3,19	363	0,49	140

pH_{ps}: pH na pasta saturada; CEes: condutividade elétrica no estrato de saturação; RAS: relação de adsorção de sódio; PST: Percentagem de sódio solúvel no complexo sortivo; GF: grau de flocculação; PT: porosidade total; Ds: densidade do solo.

5.1.1. Estatística descritiva dos atributos Químicos dos solos

Os resultados referentes à análise estatística descritiva dos atributos do solo na área em estudo, na camada superficial de 0 a 0,15 m e do cálculo da RAS e da PST, podem ser observados nos valores da média, desvio padrão, coeficiente de variação. Os dados obtidos pela análise do solo (Tabela 9) mostrou valores iniciais elevados de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) para todos os tratamentos avaliados na caracterização da área.

Isso pode ser atribuído à inexistência de drenagem na área neste período. Contudo, após a construção do sistema de drenagem e após o período chuvoso pode-se verificar um incremento decrescente nos valores de CEes que atingem reduções que chegaram a pontos não significativo no período avaliado.

Estas reduções são explicadas pela lixiviação dos sais solúveis após a construção do sistema de drenagem subterrânea. Esse fenômeno se assemelha aos resultados encontrados por Amaral et. al. (2007). Com relação aos parâmetros tratamentos e épocas juntas não foram significativos. O fator tratamento isolado foram significativos para a maioria dos tratamentos, significando, portanto, que os tratamentos aplicados foram importantes na recuperação desse solo, contribuindo na melhoria dos atributos químicos do solo.

Tabela 9. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo.

FV	GL	pHps	CEes	K ⁺	Na ⁺²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	RAS	PST
Bloco	3	35,19 **	10,08**	3,12*	16,93**	6,13**	0,73 ^{ns}	20,66**	20,68**
Tratamento	7	2,74**	2,62**	2,25*	7,50**	1,97 ^{ns}	0,54 ^{ns}	5,98**	5,98**
Época	2	140,87**	1,46 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,17 ^{ns}	6,95**	1,87 ^{ns}	2,61 ^{ns}	2,61 ^{ns}
Trat. x Época	14	0,90 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,42 ^{ns}
CV %		2,49	52,81	95,73	44,70	47,04	49,63	49,49	49,48

*: p < 0,05; **: p < 0,01; ns: não significativo; pHps: pH na pasta saturada; CEes: Condutividade elétrica no extrato de saturação; K : Potássio solúvel; Na: Sódio solúvel; Ca: Cálcio solúvel; Mg : Magnésio solúvel; RAS: Relação de adsorção de sódio; PST: Percentagem de sódio solúvel no complexo sortivo.

Em solos afetados por sais, o pH atinge valores próximos da neutralidade ou na faixa alcalina, indicando a predominância de íons OH⁻ na solução do solo. Os valores médios encontrados para pH do solo da pasta saturada para quase todas parcelas, quando comparados nas três épocas, foram alcalinos, aumentando e atingindo valores mais altos no solo com capim e gesso 8,34 e o menor valor no solo com gesso sem cultivo 8,08 (Tabela 10). Nos outros tratamentos, embora tenha valor alto não houve diferença significativa para esses tratamentos. Esses resultados para o pH do solo, no extrato da pasta de saturação em média, para a maioria das amostras coletadas nas três épocas, esteve na faixa alcalina, predominantemente entre os valores maiores que 8,0, contrastando com os valores de pH

comumente observados em solos brasileiros, nesse caso houve redução do pH do solo, comparando-se o valor inicial do solo (pH = 8,5).

Estes resultados diferem dos encontrados por Chaves et al. (2004), os quais realizaram um levantamento das propriedades químicas dos solos da Ilha de Assunção, localizada no Rio São Francisco, em Cabrobó, PE. Após a coleta de 1.053 amostras de solos nas profundidades de 0-30 cm em 1.131 ha, estes autores verificaram uma grande amplitude nos valores de pH, variando de 4,43 a 8,90, de fortemente ácida até alcalina. No entanto, os valores médios encontrados na ilha indicam que predominam na área estudada resultados de pH moderadamente ácidos (5,85). Enquanto, que os encontrados no Perímetro Irrigado de São Gonçalo estão em média na faixa alcalina (Tabela 10).

Tabela 10. Atributos químicos do solo em função dos tratamentos aplicados.

Tratamento	pHps	CEes	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	RAS	PST
Solo G	8,08 b	1,61 a b	0,66 a	4,73 bc	6,64 a	4,11 a	2,22 b	3,31 b
Solo SG	8,24 a b	2,33 a	0,64 a	8,26 a	3,74 b	3,71 a	4,42 a	6,58 a
Atriplex G	8,11 a b	1,17 b	0,31 a	3,78 bc	4,22 a b	3,74 a	2,01 b	3,00 b
Atriplex SG	8,33 a b	1,76 a b	0,76 a	5,87 ab	4,97 a b	3,91 a	3,17 ab	4,72 a b
Capim G	8,34 a	1,27 b	0,37 a	4,01 bc	4,85 a b	3,61 a	2,26 b	3,37 b
Capim SG	8,16 a b	1,86 a b	0,29 a	3,08 c	4,10 a b	3,54 a	1,67 b	2,49 b
Salsa G	8,14 a b	1,61 a b	0,36 a	4,36 bc	5,09 a b	2,86 a	2,44 b	3,64 b
Salsa SG	8,20 a b	1,16 b	0,29 a	3,53 bc	4,26 a b	4,04 a	1,97 b	2,94 b

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) pHps :pH na pasta saturada; CEes: Condutividade elétrica no extrato de saturação; K : Potássio solúvel; Na: Sódio solúvel; Ca: Cálcio solúvel; Mg: Magnésio solúvel; RAS: Relação de adsorção de sódio; PST: Percentagem de sódio solúvel no complexo sortivo.

Os dados obtidos para pH, PST e CE depois da aplicação dos tratamentos indicam redução dessas três variáveis com os níveis das concentrações salinas iniciais do solo. Vale salientar que o valor limite para separação de solo salino e não salino é segundo Richards (1954) é 4,00 dS m⁻¹. Entretanto, muitas culturas têm sua produção reduzida muito antes desse valor (Tabela 10).

Nas três coletas de solo analisadas verificou-se uma redução nos valores da RAS e da PST (Tabela 10). A maioria dos resultados da RAS abaixo de 4,0 (mmolc L⁻¹)^{0,5} e da PST abaixo de 7,0 %. Os resultado de maior valor foi da testemunha (Solo sem Gesso, Solo SG),

tanto para a RAS como para a PST, 4,42 (mmolc L⁻¹)^{0,5} e 6,58 %, respectivamente, como era esperado. Os outros tratamentos praticamente não diferiram entre si pelo Teste de Tukey (Tabela 10).

Os valores encontrados para a RAS valores abaixo do limite de classificação de solos sódicos (RAS > 15,0), valor este preconizado pela USSL Staff (1954). Adicionalmente, bem abaixo para a PST de 7% que representa solo sem problema. (RICHARDS, 1954).

Entre os cátions solúveis avaliados, o Na⁺ foi o de concentrações mais elevadas, principalmente o solo sem tratamento (a testemunha), atingindo valores médios de Na⁺ solúvel de até 8,26 mmolc L⁻¹. Observou-se, também, que o menor valor (3,08 mmolc L⁻¹) foi no tratamento capim sem gesso (Capim SG), indicando ser essa gramínea eficiente na extração de Na⁺, superando até o Atriplex que uma erva que extrai esse elemento para funcionamento de seu metabolismo. Vários pesquisadores coincidem no fato de que esses tipos de plantas caracterizam-se pela alta produtividade, resistência ao déficit hídrico, maior eficiência no uso da energia luminosa e precisam de sal (cloreto de sódio) como elementos essenciais a seu metabolismo. Crescem, especialmente, durante os meses de primavera e verão, podendo atingir alturas superiores aos três 3 metros. Dependendo da espécie, possui hábito de crescimento erguido, ramificado desde a base, colunar e herbáceo (FAO, 1996). Oliveira et al. (2002) avaliando as características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de três perfis de solos afetados por sais no Perímetro Irrigado de Custódia-PE, cujo uso agrícola foi interrompido em virtude de problemas de salinidade e sodicidade dos solos, verificaram que entre os cátions solúveis avaliados, o Na⁺ foi o que apresentou concentrações mais elevadas, encontrando valores de 9,5 mmolc L⁻¹ e 10,5 mmolc L⁻¹ na camada de 0-15 cm em dois perfis analisados. A maioria dos resultados deste elemento encontra-se abaixo de 15,0 mmolc L⁻¹. Mesmo nestas concentrações, segundo Ayers & Westcot (1999), são capazes de gerar danos severos às culturas sensíveis.

O K⁺ solúvel não houve diferença entre si, pelo Teste de Tukey. Os menores teores de K⁺ na solução do solo são resultantes do referido equilíbrio entre os demais cátions, relacionados com os teores de Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, que predominam no sistema. Santos et al. (2005) afirmam que, de maneira geral, as concentrações de K⁺ tendem a ser menores com o aumento da relação Na: Ca na solução do solo.

Esse resultado era esperado devido o gesso ser fonte de cálcio (Tabela 9). Estes cátions solúveis, em sua maioria, estão presentes em valores médios abaixo de 5,5 mmolc L⁻¹, entretanto, em alguns solos analisados foram observados valores máximos de 37,00 mmolc L⁻¹

¹ e 40 mmolc L⁻¹ e mínimos de até 0,24 mmolc L⁻¹ e 0,10 mmolc L⁻¹ para Ca²⁺ e Mg²⁺, respectivamente. Neste caso, observa menor média o Solo sem Gesso (testemunha sem gesso, Solo SG) cátion Ca²⁺ de 3,74 mmolc L⁻¹, também um resultado esperado, visto que essa parcela de solo não recebeu tratamento algum. Com relação ao cátion Mg²⁺ não diferiram entre pelo Teste de Tukey.

Ao se observar os valores de Ca²⁺ e Mg²⁺ encontrados, verifica-se que estes estão elevados e os solos estariam aptos a suprir as necessidades da maioria das plantas cultivadas, contrastando com os valores destes nutrientes no geral de solos brasileiros, caracteristicamente muito intemperizados e pobres nestes elementos. No entanto, estão dentro da faixa mais comum para solos de semiárido, muitas vezes com elevados teores destes íons. Ressalta-se, contudo, os possíveis problemas de absorção destes nutrientes, tendo em vista os maiores teores de Na⁺ em alguns destes solos, podendo dificultar a absorção de Ca²⁺ e Mg²⁺ por competição no meio, bem como problemas de condutividade hidráulica nos solos promovida pela predominância do Na⁺, íon caracteristicamente dispersivo, especialmente em solos de semiárido com elevados teores de argilominerais do tipo 2:1 na fração argila.

Os valores médios de Ca²⁺ encontrados nas parcelas de solo do perímetro irrigado de São Gonçalo estão acima do limite mínimo para a solução do solo apresentado por Ayers & Westcot (1999), os quais comentam que, se a concentração deste cátion na solução do solo for inferior a 2,0 mmolc L⁻¹, há alta probabilidade de redução na produção das culturas, como também pode apresentar deficiência de Cálcio na planta.

No tocante, solos com elevadas relações do íon Na⁺ para Ca²⁺ e Mg²⁺ são altamente susceptíveis aos processos de dispersão de coloides, pela saturação do complexo de troca com o primeiro em detrimento dos dois últimos. O Na⁺, por ser monovalente e ter um grande raio hidratado, promove a dispersão de argilominerais carregados negativamente, promovendo a dispersão coloidal. Com isso, os coloides dispersos são conduzidos ao longo do perfil do solo, obstruindo poros em subsuperfície e formando horizontes ou camadas mais adensadas, endurecidas que dificultam a movimentação da água e do ar em profundidade. Solos com este tipo de problema são muito comuns na área do Perímetro Irrigado de São Gonçalo e tornam-se degradados com facilidade.

5.2. Atributos físicos dos solos da área experimental

5.2.1. Estatística descritiva dos atributos físicos dos solos em função dos tratamentos

Nos atributos físicos do solo, pode-se observar que houve maior estabilidade dos agregados do solo, com o aumento do grau de floculação, esse aumento é verificado nos bloco e tratamento, isso pode ser atribuído pelos cultivos das plantas, pode ser que as raízes das plantas possam ter possibilitado maior espaço do agregado, facilitando a aeração e infiltração da água no solo, (tabela 11). A agregação do solo também pode ter seu efeito acelerado pela exploração radicular no perfil do solo, que, no processo de crescimento, promove a aproximação das partículas à medida que as raízes exercem pressão sobre as partículas minerais no seu avanço pelo espaço poroso. A absorção de água pelas raízes também causa secamento na região adjacente às raízes, promovendo aumento na força de coesão entre as partículas (ZONTA et al., 2006).

Tabela 11. Resumo da Análise de variância dos atributos físicos do solo.

FV	GL	GF	PT	Ds
Bloco	3	10,79**	0,36 ^{ns}	5,00**
Tratamento	7	2,74**	0,74 ^{ns}	1,43 ^{ns}
Época	2	0,26 ^{ns}	35,86**	45,38**
Trat. x Época	14	0,77 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,36 ^{ns}
CV %		40,15	3,50	2,46

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ns: não significativo; GL: Grau de floculação; PT: Porosidade total; Ds: densidade do solo.

Analisando a composição média do Grau de Floculação das parcelas do Perímetro Irrigado em questão (Tabela 12), observou-se o predomínio aumento do Grau de Floculação dos tratamentos (Salsa com Gesso e Salsa sem Gesso), em relação aos demais tratamentos. (Tabela 10). Significando, portanto, que a Salsa com ou sem gesso é uma excelente planta na floculação das partículas do solo, ou seja, melhorando os agregados do solo. A porosidade total (PT) e densidade do solo (Ds) não houve diferença significativa (Tabela 12).

Tabela 12. Atributos Físicos do solo em função dos tratamentos aplicados.

Tratamento	GF	PT	Ds
Solo G	339 a b	0,48 a	1,40 a
Solo SG	211 b	0,47 a	1,42 a
Atriplex G	326 a b	0,49 a	1,39 a
Atriplex SG	332 a b	0,47 a	1,41 a
Capim G	385 a b	0,48 a	1,40 a
Capim SG	370 a b	0,48 a	1,39 a
Salsa G	413 a	0,48 a	1,42 a
Salsa SG	426 a	0,48 a	1,39 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); GF: Grau de floculação; PT: Porosidade total; Ds: densidade do solo.

Segundo, Prado e Natale (2003), estudando o grau de floculação de um Latossolo Vermelho, verificaram que o maior GF ocorreu na vegetação nativa, seguida do reflorestamento e do sistema de semeadura direta. No entanto, nas camadas superficiais (0 a 20 cm), o reflorestamento apresentou grau de floculação semelhante à vegetação nativa. Metzner et al. (2003), em solo onde não há o revolvimento de solo, as partículas de argila e matéria orgânica participam como agregantes na floculação.

Do ponto de vista agrícola, Lemos & Silva (2005) afirmam que a floculação é importante para o controle da erosão, já que propicia a formação de agregados estáveis ou grânulos. Isso se justifica, pois ocorrem maior permeabilidade e penetração das águas, favorecendo o crescimento vegetal (BUCKMAN, 1979, LEMOS & SILVA, 2005).

Por outro lado, a gessagem aumentou a quantidade de agregados estáveis, verificados com aumento no grau de floculação na parcela com gesso, principalmente nos tratamentos com salsa (Tabela 12). O gesso agrícola é um sulfato de cálcio di-hidratado, ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Estando em contato com a solução do solo pode deslocar Al, magnésio (Mg) e potássio (K) dos complexos de troca liberando-os para a solução, também tem a capacidade de formar AlSO_4^+ , sendo este menos tóxico as plantas (ZAMBROSI et al., 2007).

Ruiz et al. (2006) constataram, trabalhando com solos salino-sódicos da Paraíba, que o corretivo utilizado (gesso) proporcionou maiores valores para a taxa de infiltração em relação às amostras que não receberam gesso. Os autores citam, ainda, que este resultado foi dependente da obstrução dos poros pela argila dispersa no tratamento controle. Resultados semelhantes foram encontrados por Suhayda et al. (1997) ao observar aumento na taxa de infiltração de água e na agregação das partículas de solos depois da aplicação de gesso em solo salino-sódico da China; no tratamento com gesso a taxa de infiltração foi de 8 cm min^{-1} enquanto para o tratamento que não recebeu gesso a taxa de infiltração não excedeu a 1 cm min^{-1} .

5.3. Produção fitomassa seca na área experimental

5.3.1. Estatística descritiva da fitomassa seca em função dos tratamentos e épocas

A produção de fitomassa fresca foi significativa entre os blocos, bem como, considerando os tratamentos e épocas de avaliação, já na produção de fitomassa seca, houve

maior significância nos tratamentos, (tabela 13). Pode-se atribuir essa produção de fitomassa dessas plantas, por serem adaptadas a solos com problemas de sais.

Para o sucesso da fitoextração de sais em solos salino-sódicos, as plantas devem apresentar tolerância ao excesso de sais e alta produção de biomassa nessa condição. Além disso, devem acumular elevados teores de sais na parte aérea, visando possibilitar a remoção dos sais com a colheita das plantas. As halófitas são plantas adaptadas a altos níveis de salinidade no solo e têm capacidade de acumular quantidades elevadas de sais em seus tecidos (ZHU, 2001). Por essas características, podem ser usadas para recuperação de solos afetados por sais (SQUIRES & AYOUB, 1994; MIYAMOTO et al., 1996).

Tabela 13. Resumo da Análise de variância da Biomassa Fresca (BF) e da Biomassa Seca (BS).

FV	GL	BF	BS
Bloco	3	5,51 **	2,23 ^{ns}
Tratamento	5	2,23 ^{ns}	14,40 **
Época	2	1,00 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Trat. x Época	10	3,44 **	0,61 ^{ns}
CV %		15,27	19,67

** : p < 0,01; ns: não significativo; BF: Biomassa Fresca; BS: Biomassa Seca.

A gramínea capim-pé-de galinha com gesso (capim G) e sem gesso (capim SG) apresentaram as maiores médias de fitomassa seca aos 70 dias após o transplântio, isso se explica pelo rápido crescimento nos primeiros 70 dias, seguindo da salsa (*Ipomoea asarifolia*) com gesso e sem a gessagem, (salsa G) e (salsa SG), respectivamente (Tabela 14). A aplicação de gesso não influenciou a produção fitomassa do capim pé-de-galinha e da Atriplex com e sem a gessagem, entretanto a apresentou maior produção com a gessagem aos 140 dias (Tabela 14). Esse aumento da fitomassa da salsa-brava (*Ipomoea asarifolia*) pode ser atribuído à capacidade de armazenamento de reservas no sistema radicular, o que propicia maior capacidade de rebrota e velocidade de crescimento (Tabela 14). Aos 210 dias não houve diferença entre si.

Pode-se atribuir essa maior produção de BS da Salsa-Brava (*Ipomoea asarifolia*) e do Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), possivelmente, estas serem mais adaptadas a solos com problemas de sais e é mais responsiva a gessagem em curto prazo, quando comparada a Atriplex. Por sua maior produção de fitomassa seca em relação à Atriplex, sem a necessidade de gessagem, e por sua maior possibilidade de aproveitamento na alimentação animal, o Capim pé-de-galinha destaca-se como melhor opção para áreas afetadas pela salinização.

A Erva-Sal (*Atriplex numulária*), referência em adaptação às condições de salinização do solo, não houve diferença significativa à Salsa-Brava (*Ipomoea asarifolia*), e ao Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), com ou sem gessagem, respectivamente, nesse período de avaliação.

Essa redução da fitomassa aos 140 e 210 dias, (tabela 14) pode ser atribuída, a reserva do sistema radicular dessas plantas, e com o tempo essas plantas pode está perdendo o poder regenerativo depois da poda, levando em consideração as condições locais do solo, das altas temperaturas e dos altos índices de salinidade local, então, com isso as plantas devem sentir e, portanto, perder um pouco do peso depois da poda.

Tabela 14. Comparação das Médias de produção da Biomassa Seca (BS) em função dos tratamentos aplicados e das épocas de coleta.

Tratamento	BS aos 70 dias	BS aos 140 dias	BS aos 210 dias
Atriplex G	497.41 b	536.61 c	924.02 a
Atriplex SG	508.58 b	383.29 c	755.75 a
Capim G	1422.37 a	1998.32 a b	681.02 a
Capim SG	1414.84 a	1633.61 b	951.23 a
Salsa G	1058.89 a b	2495.16 a	949.70 a
Salsa SG	762.94 a b	1329.16 b	625.73 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); BS: Biomassa Seca.

A maior produtividade em curto período de tempo, observada no Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e na Salsa (*Ipomoea asarifolia*), aos 70 e 140 dias pode ser explicado pelo fato de esta cultura ser adaptada a solos degradados por sais, no período de realização deste trabalho, superando a Atriplex que um arbusto com ciclo de vida maior comparada as outras duas plantas e adaptado a solos a aridez e solos com problemas de sais, pode ser uma alternativa na fitorremediação em longo prazo (Tabela 14). A Erva-Sal, (*Atriplex numulária*) apesar de ser uma planta altamente tolerável à salinidade (BARROSO et al., 2006), apresentou taxa de produção de biomassa crescente ao longo do tempo, aos valores encontrados para o capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e a salsa-brava (*Ipomoea asarifolia*).

A importância relativa dos diversos processos de manutenção do crescimento tem uma grande amplitude de respostas, variando em função das espécies, ou, até entre os genótipos de uma mesma espécie. Diferindo também em relação ao tempo de exposição à salinidade, à concentração do sal, e, possivelmente, às condições ambientais locais (ARAÚJO et al., 2006). Fundamentado nesses resultados, pode-se evidenciar a capacidade de rebrota da

Atriplex nummularia, assim como observado por Souza et al. (2011), no seu estudo com a espécie citada comparando plantas podadas com não podadas e verificando significativa capacidade de recuperação das plantas quando submetidas à poda.

Munns (2005) afirmam que o efeito osmótico, provocado pela alta concentração de sal em torno das raízes, reduz significativamente a taxa de crescimento da parte aérea das plantas sensíveis à salinidade. Um aumento repentino na salinidade do solo faz com que as células das folhas percam temporariamente o turgor; ocorrendo ainda diminuição na taxa de aparecimento das folhas novas e desenvolvimento das gemas laterais, diminuindo a quantidade de ramos ou brotos laterais. Esses mesmos autores afirmam ainda que plantas com habilidade em tolerar a pressão osmótica e o acúmulo de Na^+ nos tecidos mostram um aumento na capacidade de manter o crescimento. E salientam que a expressão dos efeitos se dá distintamente entre os tecidos jovens e velhos. Maior tolerância osmótica será manifestada por um aumento da capacidade da produção de folhas novas, enquanto que a tolerância do tecido revela-se principalmente pelo aumento na sobrevivência das folhas mais velhas.

As halófitas apresentam uma fisiologia controversa aos efeitos provocados pela presença de sais no meio. Nesse grupo de plantas observam-se diferentes estratégias para manutenção da integridade do seu processo de desenvolvimento (MUNNS & TESTER, 2008).

No caso da *Atriplex nummularia*, a espécie é dotada de habilidades que garantem sua habitação em condições de alta salinidade. Controlando a pressão osmótica, a planta equilibra a absorção de Na^+ com outros íons nas células, garantindo o movimento da água na planta e vencendo o baixo potencial hídrico externo, resguardando, assim, a homeostase intracelular (YOKOI et al., 2002; AZEVEDO et al., 2005, SILVA et al., 2009).

Esses relatos condizem com a pesquisa de Porto et al. (2006), onde afirmaram que a atriplex, como outras espécies halófitas, tem habilidade de suportar não apenas altos níveis de salinidade do complexo solo-água mas, também, de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos. Fato que é reforçado por Leal et al. (2008), testando o potencial fitoextrator da *Atriplex*, que observaram que a espécie tem capacidade de crescimento em solo com CE média de 25,94 dS m^{-1} e PST média de 51,61%, demonstrando seu potencial para ocupar áreas degradadas por sais onde outras plantas não teriam condições de crescimento, podendo ser considerada uma alternativa economicamente viável para a recuperação da capacidade produtiva dessas áreas.

Portanto, o período avaliado para a *Atriplex* pode ter sido ainda pequeno para seu integral desenvolvimento e habituação a ambientes salinos, possivelmente, a *Atriplex* não atingiu seu grau de desenvolvimento e habituação, por essa razão, não se deferindo entre estatisticamente. E observa-se que a *Atriplex* tende a evoluir sua produção com o tempo, e a salsa, e principalmente o capim pé-de-galinha tende a diminuir, possivelmente por ter atingido seu ciclo de vida completo (Tabela 14).

A produção estimada de fitomassa seca da Salsa (*Ipomoea asarifolia*) com gesso (Salsa G) obteve a maior produção de FS com 2,92 Mg ha⁻¹ (FS), seguido da gramínea Capim-pé-de galinha (*Eleusine indica*) com gesso (Capim G), de 2,64 Mg ha⁻¹, superando a *Atriplex*. O capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) sem gesso (Capim SG) e a salsa (*Ipomoea asarifolia*) sem gesso (Salsa SG), produziram 2,55 Mg ha⁻¹ e 1,75 Mg ha⁻¹, de FS, respectivamente. As menores produção de FS foi do *Atriplex* com gesso de 1,26 Mg ha⁻¹ e *Atriplex* sem gesso com 1,06 Mg ha⁻¹ de FS em comparação as outras plantas. Sabe-se que a densidade de plantas por área influencia a produtividade dos cultivos. No caso do semiárido brasileiro não existe informação sobre a densidade ótima para este cultivo quando irrigado. De acordo com a FAO (1996), uma densidade conveniente seria de 1.600 plantas por hectare, esperando-se um rendimento entre 1.000 e 1.500 kg de matéria seca por hectare por ano.

A literatura demonstra variabilidade entre 2,9 a 10,0 Mg ha⁻¹ de rendimento de matéria seca da *Atriplex numulária* L. atribuída, principalmente, em resposta à qualidade do ambiente de cultivo (O'LEARY, 1986). Essas diferenças também são influenciadas sob o ponto de vista de manejo, condução das práticas culturais e de colheita, tais como espaçamento, lâminas d'águas, altura e periodicidade do corte. No caso aqui estudado a produção da fitomassa seca da *Atriplex numulária* L. ficou abaixo do visto da literatura, isso se deve ao fato, da altura e periodicidade do corte (três cortes a cada 70 dias), isso talvez a planta não tenha se desenvolvido por completo, devido ao seu ciclo de vida ser maior com relação às outras duas plantas estudadas. Geralmente as plantas começam a produzir sementes entre o 2° e o 4° ano após o plantio, entretanto, é comum encontrar plantas que produzem sementes logo no 1° ano. (HERREIRA, et al, 2000).

A maior produtividade, observada no capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e na salsa-brava, pode ser explicado pelo fato de estas plantas serem adaptadas a solos degradados por sais, durante o período de realização deste trabalho, estatisticamente não se deferiu da *Atriplex* que um arbusto adaptado com um ciclo de vida maior, em relação aos outras plantas comparadas.

A produção de biomassa seca do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) atingiu 5,21 Mg ha⁻¹ de biomassa seca, em plantio de verão no Estado de São Paulo (MURAISHI et al., 2005), enquanto Francisco et al. (2007), em Piracicaba (SP), semeando em setembro e manejando no pleno florescimento com a adubação antecipada, obtiveram a produção de 6,375 Mg ha⁻¹ de biomassa seca. Em condições de safrinha, no sudoeste de Goiás, o rendimento desta cultura foi de 9,48 Mg ha⁻¹ (ASSIS et al., 2005) e no Piauí foi de 2,89 Mg ha⁻¹ de biomassa seca (AZEVEDO & NASCIMENTO, 2002). As variações de produção de biomassa seca do capim-pé-de-galinha nas diferentes regiões se devem ao material genético utilizado, à época de plantio e às condições climáticas de cada região. A produção de fitomassa seca do capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) que encontramos foi semelhante à encontrada no Piauí.

Verificando a produção da fitomassa seca da (*Ipomoea asarifolia*) com e sem gesso (Salsa G) de 2,92 Mg ha⁻¹ e 2,55 Mg ha⁻¹ bem inferior aos valores encontrados por Linhares et al. (2008), estudando a jitrana (*Ipomoea sericophylla*) verificou que mesma apresenta uma média de produção de fitomassa superior ao mínimo estabelecido para adição de uma planta em um sistema de rotação de culturas que segundo Darolt, (1998) é de 6 Mg ha⁻¹. A produção máxima de fitomassa seca da jitrana foi de 3,59 Mg ha⁻¹ aos 120 dias de crescimento. A baixa produção de fitomassa seca deve-se ao fato da jitrana apresentar um baixo teor de matéria seca, oscilando de 5,82% MS aos 15 dias de idade e chegando aos 11,02% MS no último estágio fenológico (120 dias de idade). Esses resultados foram inferiores aos obtidos por Ceretta et al (2002) ao avaliarem a produção de matéria seca de três plantas utilizadas como cobertura de solo no inverno, com adubação nitrogenada, obtendo produção de matéria seca de 7,36; 6,11; 5,16 Mg ha⁻¹, respectivamente em plantas de Aveia preta, aveia preta + ervilhaca e nabo forrageiro no ano de 1996. Os resultados obtidos com (*Ipomoea asarifolia*) com gesso se aproximou dos resultados encontrados por Linhares et al. (2008), isso se deve a salsa com gesso ser responsiva a gessagem e adaptada a solos com problemas de sais.

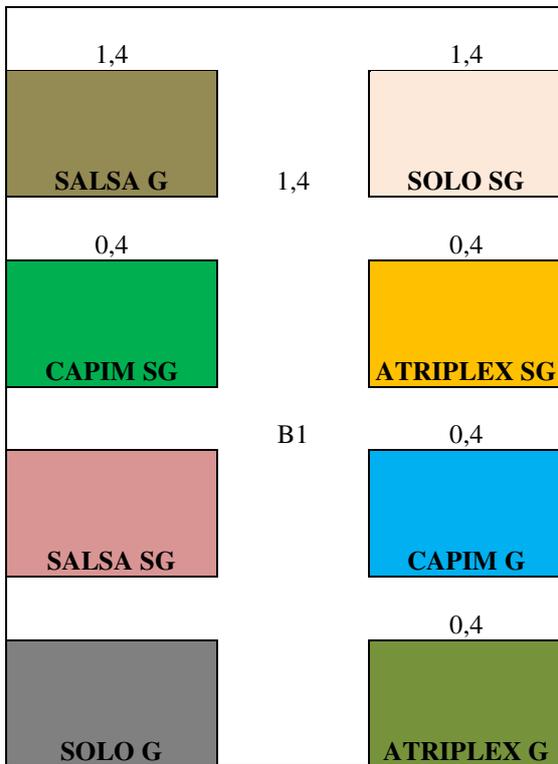
Os resultados aqui apresentados são para essas condições de solo e condições edafoclimáticas encontradas no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, e considerando o período de avaliação que foi de 210 em campo. Há necessidade, portanto, de desenvolvimento de mais estudos sobre diferentes manejos de água e de cultivo para avaliar, com sustentabilidade, o potencial do *Atriplex*, do Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e da Salsa (*Ipomoea asarifolia*) para a produção de forragem e remoção de sais em áreas salinizadas.

6. CONCLUSÕES

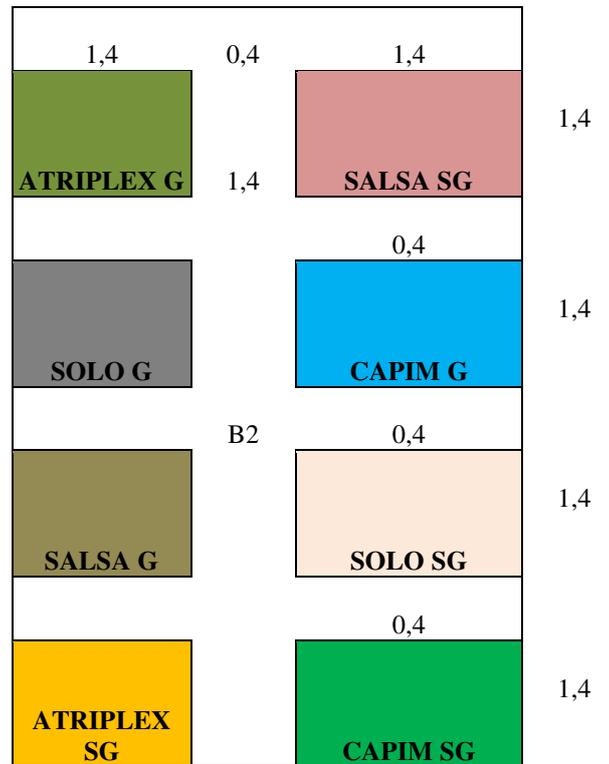
- A Salsa (*Ipomoea asarifolia*), com ou sem a gessagem, foi a planta que mais contribuiu para o aumento do grau de flocculação do solo e, conseqüentemente, para maior estabilidade dos agregados do solo;
- O Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), bem como a Salsa (*Ipomoea asarifolia*) pode ser uma alternativa na recuperação de solos afetados por sais em curto espaço de tempo;
- A *Atriplex numulária* pode ser um método de recuperação de solos em longo prazo;
- O uso do gesso como corretivo de solo mostrou-se favorável na melhoria dos atributos químicos;
- A Salsa (*Ipomoea asarifolia*) é mais responsiva a aplicação do gesso agrícola em relação à produção de biomassa vegetal;
- Com relação à produção de biomassa, no curto prazo, o Capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e a Salsa (*Ipomoea asarifolia*) não se diferiram estatisticamente, da *Atriplex*, planta referência na fitorremediação de solo afetado por sais.

7. ANEXO

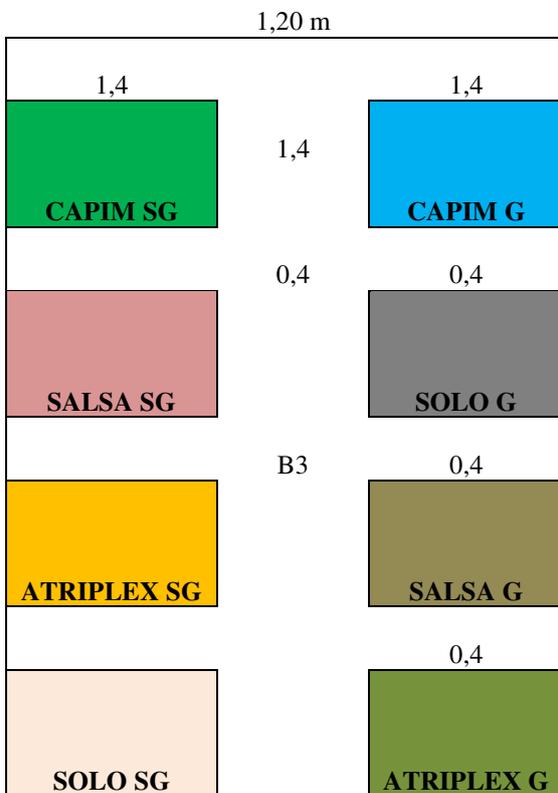
Delineamento experimental em campo



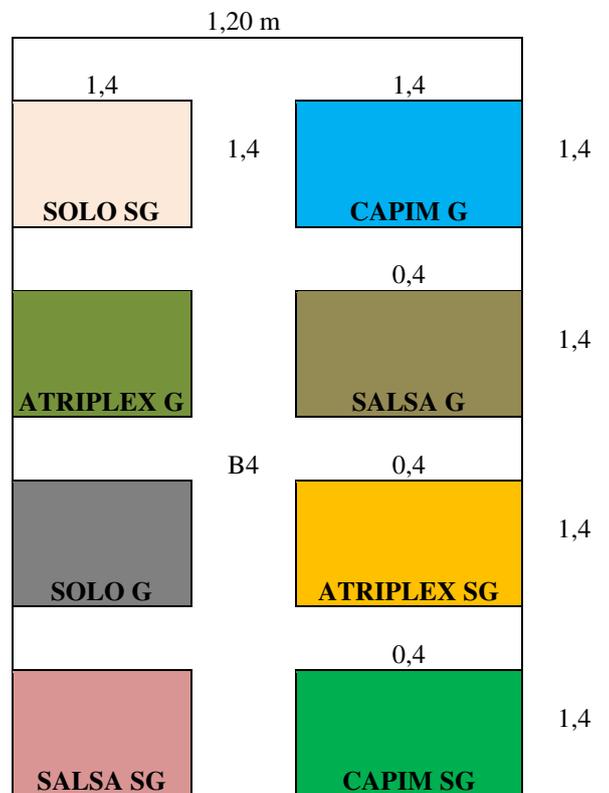
Área total do Bloco: 23,04 m²



Área total do Bloco: 23,04 m²



Área total do Bloco: 23,04 m²



Área total do Bloco: 23,04 m²

8. REFERÊNCIA

AGANGA, A. A.; MTHETHO, J. K.; & TSHWENYANE, A. *Atriplex nummularia* (Old Man Saltbush): A potential forage crop for arid regions of Botswana. *Pakistan Journal of Nutrition.*, v. 2, p. 72–75, 2003. Dissertação de Mestrado.

AGUIAR NETTO, A. de O.; MACHADO, R. & VASCONCELOS, B. Diagnóstico do processo de salino-sodificação no Perímetro Irrigado Jabiberi-SE. *Irriga, Botucatu*, v. 11, n. 4, p. 448-459, 2006. Tese de Doutorado.

AMARAL, F. C. S., Parahyba, R. B. V; Silva, F.H.B.B., Leite, A. P.; Batista, M. J.; Barros, J. C. Caracterização pedológica e estudos de drenabilidade dos perímetros de irrigação Brígida, Caraíbas e Apolônio Sales, Estado de Pernambuco- Dados eletrônicos – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 68p.(Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Solos; 116).

ARAÚJO, A. P. B. de; COSTA, R. N. T.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R. Análise econômica do processo de recuperação de um solo sódico no Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.377–382, 2011.

ARAÚJO, S. A. M. de; SILVEIRA, J. A. G.; ALMEIDA, T. D.; ROCHA, I. M. A.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.4, p.848-854, 2006.

ASSIS, R.L.; MACEDO, R.S.; PIRES, F.R.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PAIVA, F.C.; GOMES, G.V. & CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

AUSTIN, D.F.; CAVALCANTI, P.B. *Convolvuláceas da Amazônia*. Publicações Avulsas
BAKER, H. G. The evolution of weeds. Palo Alto, USA: *Annual Review Ecology* 2008. v. 1, p. 208-208.

AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. *A Qualidade da Água na Agricultura*. 2a ed. Trad. GHEYI, H. R; MEDEIROS, J. F; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande. UFPB, 1999. 218p. Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 29.

AZEVEDO, C. M. da S. B.; PEDROSA, G. P.; MEDEIROS, J. F. de; NUNES, G.H. de S. Uso de *Atriplex nummularia* na extração de sais de solos irrigados com efluentes salinos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.300-304, 2005. (Suplemento).

AZEVEDO, D.M.P. & NASCIMENTO, H.T.S. Potencial forrageiro de espécies para cultivo no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros. Teresina, Embrapa, 2002. 4p. (Comunicado Técnico, 148).

BAKER, H. G. The evolution of weeds. Palo Alto, USA: *Annual Review Ecology Systematics*, v. 5, p. 1-24, 1974.

BARROS, M. de F. C.; BEBÉ, F. V.; SANTOS, T. O. dos; CAMPOS, M. C. C. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão caupi. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 9, n. 1, p. 77 – 82, 2009.

BARROS, M. de F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.59-64, 2004.

BARROSO, D. D.; Araújo, G. G. L.; Porto, E. R.; Porto, F. R. Produtividade e valor nutritivo das frações forrageiras da Erva-Sal (*Atriplex Nummularia*) irrigada com quatro diferentes volumes de efluentes da criação de tilápia em água salobra. *Revista Agropecuária Técnica*, v.27, n.1, p.43-48, 2006.

BATISTA, M. J.; NOVAIS, F. de. & SANTOS, D. G. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização dos solos. Brasília, SRH, 203p. 1998.

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A. & BEN SALEM, L. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. *Small Ruminant Research*, v. 51, p. 65-73, 2003.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6ed. Viçosa; Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A. & MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BLANCO, H. G. 1978. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil. Família das Campainhas (*Convolvulaceae*). *O Biológico* 44: 259-278

BLANCO, H.G. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil. *Botânica*, v. 41, p. 83-99, 1991. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. *R. Bras. Ciênc. Solo*, v.26, p.1011-1022, 2002.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *R. Bras. Ciênc. Solo*, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, R. V. dos; FERREYRA F. F. H.; GHEYI, H. R. & DIAS, T. J. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CHAVES, D.P.; SOBRINHO, A.G.; MAHON, G.V.; CARVALHO, V.H.A; FAGLIARI, J.J. Surto de síndrome tremorgênica causada por *Ipomoea asarifolia* (Ders.) Roem. & Schult. Convolvulaceae) em ovinos nos Lençóis Maranhenses. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2008, Gramado. Anais... Gramado-RS, Systematics, v. 5, p. 1-24, 1974. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G. & SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.431-437, 2004.

DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção de sistemas. In: Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.16-45 (Circular, 101).

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. In: Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012. do Museu Goeldi, v.36, p.1-134, 1982. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

DÖBEREINER, J., TOKARNIA, C. H., CANELA, C. F. C. Intoxicação experimental pela salsa *Ipomoea asarifolia* (R. et Schult) em ruminantes. São Paulo: Arquivos do Instituto Biológico Animal, v.3, p.39-57, 1960. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 41p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Semi-Árido, Documentos 167. Petrolina – PE, 2001.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. Planta, ed. 2, 2006. 401p.

ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. R. Bras. Ci. Solo, v.10, p.241, 1986.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Keys to soil taxonomy. 4.ed. Washington, USDA, 1990. 422p. (USDA. SMSS Technical Monograph, 6)

ESTEVES, B. S; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. Ecologia Brasileira, v.12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FAGERIA, N. K. & GHEYI, H. R. Efeitos dos sais sobre as plantas. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (Ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura

irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, P.125-131, 1997. Família das Campainhas (Convolvulacea). São Paulo: O Biólogo, v.44, p.259-278, 1978. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea asarifolia* em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

FAO. Global Network on integrated soil Management for Sustainable Use of Salt-affected Soil. Rome: 2000. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>. Acesso 30 abril 2014.

FAO (Roma, Itália). Estudios de caso de especies vegetales para zonas eridas y semieridas de Chile y Mexico. Santiago: Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 1996. 143p. il (FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Zonas Aridas y Semiaridas, 10).

FRANCLLET, A. & LE HOUÉROU, H.N. Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord. Roma: FAO, 1971. 249 p. FAO Report Technique, 7.

FERREIRA, D. F. Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2011.

FRANSCISCO, E.A.B.; CÂMARA, G.M.S. & SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. *Bragantia*, 66:259-266, 2007.

FREIRE, A. L. O.; RODRIGUES, T. J. D. A Salinidade do solo e seus reflexos no crescimento, nodulação de teores de N, K e Na em *Leucena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Vit.) *Engenharia Ambiental*, v. 6, n. 2, p. 163-173, 2009.

FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; ROCHA, A. T. da, OLIVEIRA, A. C. de. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola na cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, Brasil. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, vol. 4, p.199-213, 2007. In: Santos, M. A. dos, *Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com Atriplex nummularia ou aplicação de gesso*. Recife, 2012. 13 p. Dissertação de Mestrado.

FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, E. R. & FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura*. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.

GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; SANTOS, M. A. dos; SOUZA, E. R. de; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011.

GOULART, I. C. G. R.; Pé-de-Galinha–*Eleusine Indica* L., 2013: disponível em <http://www.jardineiro.net/plantas/pe-de-galinha-eleusine-indica.html>. Acesso em outubro de 2015.

GROTH, D. Morphological characterization of seeds and seedlings of seven weed species of Convolvulaceae occurring in agricultural seeds in Brazil. Porto Alegre: Iheringia, Série Botânica, v. 41, p. 83-99, 1991. In Chaves, D. P. Intoxicação experimental por *Ipomoea*

asarifolia em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos, Jaboticabal, 2009. Tese de Doutorado.

HOLANDA, J. S. Manejo e utilização de áreas salinizadas do vale do Açú. Banco do Nordeste. Fortaleza, 2000. 95p.

HORNEY, R.D.; TAYLOR, B.; MUNK, D.S.; ROBERTS, B.A.; LESCH, S.M. & PLANT, R.E. Development of practical site-specific management methods for reclaiming saltaffected soil. *Comp. Electr. Agric.* 46:379-397, 2005.

IPA – INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. *Atriplex nummularia*. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp11.htm>>. Acesso em 21 abril de 2014.

JUNIOR, D.A.O. de; SILVA, R.A. da; ARAÚJO, L.L.S. dos; JÚNIOR, R.J.S. dos; ARNAULD, A.F. Caracterização fenológica das plantas apícolas herbáceas e arbustivas da microrregião de Catolé do Rocha – PB – Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 3, n. 4, p. 86-99, 2008. disponível: (<http://revista.gvaa.com.br>).

KEIFFER, C.H. & UNGAR, I.A. Germination and establishment of halophytes on brine-affected soils. *J. Appl. Ecol.*, 39:402-415, 2002. Leal, I. G. et al., extraído do Artigo Fitorremediação de Solo Salino Sódico por *Atriplex nummularia* e Gesso de Jazida. Publicado R. Bras. Cielo. Solo, 32:1065-1072, 2008.

KISSMAN, K.G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo: Basf, 1992.

KÖPPEN, W. *Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra*. México, Fondo de Cultura Económica. 1948.

KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany*, v.56, n.2, p.136-146, 2006.

LEAL, I. G.; ACCIOLY, A. M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, M. B. G. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; FERREIRA, F. L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008.

LEMOS, C.F. de; SILVA, E.T. da. Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, Curitiba, v.3, n.1, p. 11-18, jan./mar. 2005.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 2010.

LINHARES, P. C. F. Produção de fitomassa e teores de macronutrientes da jitiirana em diferentes estágios fenológicos. *Caatinga* (Mossoró, Brasil), v.21, n.4, p.72-78, outubro/dezembro de 2008.

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

MASCARENHAS, J. C., BELTRÃO, B. A., JUNIOR, L. C. S., MORAIS, DE F., MENDES, V. A., MIRANDA, J. L. DE F. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Paraíba. Diagnóstico do município de Sousa, estado da Paraíba. CPRM/PRODEEM, Recife, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/SOUS206.pdf>. Acessado em> 28 abril 2014.

MEDEIROS, J. F. de.; NASCIMENTO, I. B. do. & GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S. & LACERDA, C. F. de. eds. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. INCTSal, Fortaleza – CE, 472p., 2010.

MELO, R. M.; BARROS, M. de F. C.; SANTOS, P. M. dos; ROLIM, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n. 4, p. 376–380, 2008. In: Santos, M. A. dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012. 13-14 p. Dissertação de Mestrado.

METZNER, A. F.; CENTURION, J. F.; MARCHIORI JÚNIOR, M. Relação entre grau de floculação e atributo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003. Ribeirão Preto-SP, ANAIS... Botucatu, 2003. CD.

MIRANDA, M. F. A. Diagnóstico e recuperação de solos afetados por sais em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco. Recife, 2013. 102p

MIYAMOTO, S.; GLENN, E. P.; SINGH, N. T. Utilization of halophytic plants for fodder production with brackish water in subtropic deserts. In: Squires, V. R.; Ayoub, A. T. (ed) Halophyte as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded land Proceedings. Amsterdam: Kluwer Academic, 1994. p.43-75.

MIYAMOTO, S.; GLENN, E.P. & OLSEN, M.W. Growth, water use and salt uptake of four halophytes irrigated with highly saline water. J. Arid Environ., 32:141-159, 1996. Dissertação de Mestrado

MONTENEGRO, A.A.A. & MONTENEGRO, S.M.G. Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no Semi-Árido. In: CABRAL, J.S.P.; FERREIRA, J.P.C.L.; MONTENEGRO, S.M.G.L. & COSTA,W.D. Água subterrânea: Aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento. Tópicos especiais em recursos hídricos. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2004. v.4. 447p. Dissertação de Mestrado.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B. Mineralogia de solos com excesso de sódio no estado do Ceará. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 4, p. 799-806, 1999. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment, v.25, n.5, p.659-662, 2002. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de

solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v. 167, n. 03, p. 645-663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Plant Biologic*, v. 59, p. 651-81, 2008.

MURAISHI, C.T.; LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R. & GOMES JUNIOR, F.G.G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. *Acta Sci. Agron.*, 27:199-207p, 2005.

OLIVARES, A. Los arbustos del género *Atriplex* y su importancia como especies forrageras. In: *Actas del encuentro del estado de las investigaciones sobre manejo silvopastoral en Chile*. Proyecto CONAF/PNUD/FAO. Talca, Universidad de Talca, Dpt^o. Ing. Florestal. P. 5-13, 1983.

OLIVEIRA, L. B. de; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. da G. de V. X.; LIMA, J. F. W. F. de & MARQUES, F. A. Interferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.10, p.1477-1486, 2002.

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

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

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Madrid: Española. 521p., 1985.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Madrid: Española. 1978.

PIZARRO CABELLO, F. *Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación*. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 471p.

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

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. DE; DUTRA, M. T.; PAULINO, R. V.; BRITO, L. T. L.; MATOS, A. N. B. Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápias em rejeito da dessalinização de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 97-103, 2006.

PRADO, R.; NATALE, W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas e de um Latossolo Vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 25:45-52, 2003.

QADIR, M.; GHAFOOR, A. & MURTAZA, G. Use of salinesodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. *Agric. Water Manag.*, 50:197-210, 2001. Dissertação de Mestrado.

QADIR, M.; OSTER, J. D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A. D.; SAHRAWAT, K. L. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy*, v. 96, p. 197-247, 2007. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

QADIR, M.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A.D. & SAHRAWAT, K.L. Phytoremediations of sodic and salinesodic soils. *Adv. Agron.*, 96:197-247, 2007. Dissertação de Mestrado.

RAIJ, B. van. Gesso na agricultura. Campinas. Instituto Agronômico, 2008. 233p.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, R.H.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. Química e mineralogia do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p.449- 484, 2009. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J. & MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G. G.; et al. eds. Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, 3, p. 165-208.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 160p. 1954.

RUIZ, H. A.; Sampaio, R. A.; Oliveira, M. de; Ferreira, P. A. Características físicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.6, p.1-12. 2006.

RUIZ, H. A.; SAMPAIO, R. A; OLIVEIRA, M. de ; VENEGAS, V. H. A. Características químicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p.1119-1126, 2004. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

SDB, Apostila recuperação de áreas degradadas, UFRRJ, 2015. Disponível em: <http://r1.ufrj.br/cfar/d/download/Apostila%20de%20areas%20degradadas.pdf>. Acesso em outubro de 2015.

SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃ, R. M. de. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H.; HIROCE, R. & KONDO, J.I. Resposta do algodoeiro à aplicação de calcário e de cloreto de potássio. *Bragantia*, v.43, n.2, p.643-658, 1984. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA, 2006.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SANTOS, H. G. – 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SORATO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. F. de C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. *Bragantia*, v. 69, n. 4, p.965-974, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUZA, Edivan Rodrigues. Fitorremediação de neossolo flúvico sódico salino de Pernambuco com *Atriplex nummularia*., p.9. 2010 (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. Recife. 2010. Disponível: http://200.17.137.108/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=843, acesso julho de 2015.

SOUZA, E. R. de; FREIRE, M. B. G. DOS S; NASCIMENTO, C. W. A. do; MONTENEGRO, A. A. DE A. FREIRE, F. J.; MELO, H. F. de. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n. 5, p.477–483, 2011.

SQUIRES, V.R. & AYOUB, A. Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded land. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1994. 481p. Dissertação de Mestrado.

SUASSUNA, J. & AUDRY, P. Estatísticas de salinidade das águas de irrigação do Nordeste semiárido brasileiro. IN: Reunião anual da SBPC, 45., 1993, (Recife). Anais. Recife: SBPC, 1993. p. 53-72. Tese de Doutorado.

SUHAYDA, C. G.; Yin, L.; Redmann, R. E.; Li, J. Gypsum amendment improves native grass establishment on saline-alkali sol is in northeast China. *Soil Use and Management*, v.13, p.43-47, 1997.

TAVARES FILHO, A. N. Níveis da necessidade de gesso sobre as características físico-químicas e na correção de solos salino-sódicos do perímetro irrigado de Ibimirim -PE. 81 p. 2010. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. Recife. 2010. Disponível em:<<http://www.pgea.ufrpe.br/downloads/dissertacoes/AntonioNovais.pdf>> Acesso em: 11 de maio 2015.

TEIXEIRA, A.R.N.; PINTO-RICARDO, C.P. Fotossíntese. Coleção formação universitária. (Didática, Eds.) Lisboa, Portugal. 201-220 p, 1983.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSL Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington DC: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

YOKOI, S.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M. Salt stress tolerance of plants. JIRCAS Working Report, p. 25-33, 2002.

ZAMBROSI, F.C.B. et al. Nutrient concentration in soil water extracts and soybean nutrition in response to lime and gypsum applications to an acid Oxisol under no-till system. Springer Science+Business Media B.V, v.79, p.169-179, 2007.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, v. 6, p. 66-71, 2001. Extraído da Dissertação: Santos, Monaliza Alves dos, Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso. Recife, 2012.

ZONTA, E.; BRASIL, F.; GOI, S.R. & ROSA, M.M.T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.7-52.