



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGRICULTURA TROPICAL**

TESE

**TRATAMENTO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO COM GESSO E
FONTES ORGÂNICAS SOB CULTIVO ROTACIONADO DE
GIRASSOL-ARROZ**

PETRONIO DONATO DOS SANTOS

**AREIA – PB
FEVEREIRO - 2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGRICULTURA TROPICAL**

**TRATAMENTO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO COM GESEN E FONTES
ORGÂNICAS SOB CULTIVO ROTACIONADO DE GIRASSOL-ARROZ**

PETRONIO DONATO DOS SANTOS

**Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante
Orientador**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutor em Agronomia”.

**AREIA-PB
FEVEREIRO – 2014**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

S237t Santos, Petronio Donato Dos.

Tratamento de um solo salino-sódico com gesso e fontes
orgânicas sob cultivo rotacionado de girassol – arroz /

Petronio Donato Dos Santos. – J Pessoa, 2019
106 f.

Orientação: Lourival Ferreira Cavalcante.
Tese (Doutorado) – UFPB/CCA

I- Sodicidade. I- Cavalcante, Lourival Ferreira Cavalcante. II
Título

UFPB/CCA – AREIA/PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGRICULTURA TROPICAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: TRATAMENTO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO COM GESEN E
FONTES ORGÂNICAS SOB CULTIVO ROTACIONADO DE
GIRASSOL-ARROZ**

AUTOR: PETRONIO DONATO DOS SANTOS

A minha esposa Kel, pela paciência e cumpliciherismo em todas as horas da caminhada
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:

concretizado.

Dedico cada momento das duas pessoas

a Giovanna

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – CCA/UFPB

A meu grande mestre, orientador e meu avô, Severino

Orientador

Calixto (In Memorian), por acredite, incentivou e me deu o chame de doutor, mesmo

quando ainda menino, o

4 - 2111 - V

Obrigado Vo.

Prof. Dr. Jacob Silva Souto CSTR-UFCG

A todos os familiares, que sempre

Incentivaram ou não, que esperaram

ou não. Hoje dedico a todos.

Por fim, à EAPS, hoje IFPB, que sempre

me deu o apoio e o suporte que sempre

pude conviver, aos amigos que sempre

me ajudaram, a todos os que colaborou pra

meu crescimento. Agradeço ao professor

Everaldo Mariano pela mão amiga, pelo

exemplo e incentivo, ao professor

Edson Góes pelo acolhimento e apoio irrestrito

sempre, ao amado professor

Ademir Góes, a todos os que sempre

me apoiaram, a todos os funcionários

que sempre me apoiaram, a todos os

Prof. Dr. Everaldo Mariano Gomes - IFPB

ao nobre amigo Alex (o valentão In Memorian), que esteve conigo em todos os momentos desta

caminhada, e ao final, deixo minha dedicação registrada a todos vocês.

Data da realização: 28 de fevereiro de 2014

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. Lourival Ferreira Cavalcante

DEDICO ...

A **Deus**, por ser princípio, meio e fim, Pai da honra e da glória, no Qual sigo confiante! Aos meus pais **Gilvan Donato dos Santos & Maria do Socorro Calixto dos Santos**, por serem a base e a condução de mim e de meus resultados, por acreditarem, incentivarem e dar o impulso necessário em cada passo de minha vida, além da própria vida.

À minhas filhas, por serem a extensão de minha permanência, por me amarem incondicionalmente, por serem o maior incentivo e orgulho que tenho. Marina Giovanna e Lorena Giovanna, sem vocês a vida não tem o menor sentido. Papai ama muito vocês, muito.

À minha esposa **Kel**, pela paciência e companheirismo em todas as horas da caminhada que começou muito antes que esse momento pudesse ser, pelo menos, sonhado. Obrigado **Kel**, sem você e sem sua família, dificilmente, esse momento pudesse ter se concretizado.

Dedico cada momento a duas pessoas que não cabem em mim, minhas irmãs, **Gildenia** e **Geisianny**, é muito amor envolvido. Sem vocês, nada seria possível, Obrigado.

A meu grande mestre, admirado e seguido em seus princípios, meu avôhai **Severino Calixto (in Memórian)**, por acreditar, incentivar e me chamar de doutor, mesmo quando ainda menino, o que hoje torna-se realidade, mesmo não o tendo conosco. Obrigado Vô.

A todos os familiares, que acreditaram ou não, que incentivaram ou não, que esperaram ou não. Hoje dedico a todos vocês este título.

Por fim, à **EAFS**, hoje **IFPB-Sousa**, que é meu divisor de águas. Aos mestres que ali pude conviver, aos amigos que construí e a cada um que colaborou pra meu crescimento. Agradeço ao professor e amigo **Everaldo Mariano** pela mão amiga, pelo exemplo e incentivo, ao professor **Chiquinho** pelo acolhimento e apoio irrestrito sempre, ao amigo e mestre **Hermano** e toda equipe do LASAP pelo fundamental apoio, ao nobre amigo **Iramirton**, gente melhor que dinheiro (kkkk), a todos os funcionários daquela instituição que sempre me trataram com maior carinho e afeto, por fim, ao amigo Alex (o cobra) (in memórian), que esteve comigo em todos os momentos desta caminhada, e em nome deste, deixo minha dedicação registrada a todos vocês.

OFEREÇO...

A todas as pessoas que de maneira objetiva ou da forma mais simples, contribuíram pra esse momento;

À minha família, base e sustentação de tudo;

Aos trabalhadores que fizeram parte desse trabalho, que muito suaram e acreditaram em cada passo dado nesta direção;

Ao amigo, professor, orientador, conselheiro e tutor, Lourival Ferreira Cavalcante, ao querido professor Hans Raj Ghueyi, sem os quais esse momento seria impossível.

A todos que de alguma maneira acreditaram, contribuíram e/ou esperaram por este momento;

A todos vocês, ofereço.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida, companheiro de todas as horas, por sempre me permitir transformar sonhos em realidades, além de me proporcionar paciência e sabedoria nas horas certas e por me dar a capacidade intelectual e física para realização desta conquista.

Aos meus pais, Gilvan e Socorro, minhas irmãs Geisy e Gil, a minha esposa Kel e minhas filhas Marina e Lorena, aos meus avós paternos Sebastiana (in memórian) e Mané Donato, aso avós maternos Vô Severino (in Memórian) e Vó Cleonice. Aos meus tios, que sempre acreditaram em mim, Sales, Paulo, Neto, Ronaldo, Minininho (in memórian), Dinha, Nanan, Gilvaní (in memórian) e tia Neide, meus mais sinceros agradecimentos.

De coração agradeço aos amigos, mestres e exemplos: Everaldo Mariano, Chiquinho Cicupira, Hermano Rolin, Miguel Wanderley e muitos outros amigos da EAFS.

Aos amigos e colaboradores nessa caminhada: Iramirton Delfino, Seu Francisco, Nêgo, Seu Pedro, Seu Antônio (o taradão), Alex (in memórian), Capote (in memórian), ao amigo Daniel de São Gonçalo e seu irmão Dedinha, Orlando, Freitas, Seu Tatá, Neto Vaqueiro, Geraldo Numerário, Gerson, Madame, Geneci, e a todos os demais membros do corpo do IFPB/Sousa, eu devo muito a vocês.

Aos meus sobrinhos Gabriel, Alice, e Miguel, que a renovação da família se faça presente em cada um de vocês e que venham mais sobrinhos.

Ao Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante e ao Prof. Hans Raj, pelas orientações, ensinamentos, conselhos e grande amizade durante o período que compartilhamos deste trabalho. Homens de bom coração, de conduta justa e firme, brincalhões e sérios ao mesmo tempo, sábios e simples, grande de humildade e muito pobre em vaidades, a esses mestres, meu muito obrigado.

Aos amigos, Rummenigge, George, Luan, Évio, Everaldo bigodão, Suvelinha, Chicão, entre muitos outros que contribuíram diretamente pra este trabalho, meu abraço.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, por conceder-me a oportunidade do aperfeiçoamento profissional.

À CAPES, pela concessão de bolsa de pesquisa científica para realização deste trabalho e ao INCTSal.

Aos amigos dos cursos de pós-graduação, pelo companheirismo e apoio na caminhada acadêmica, proporcionando momentos alegres, felizes e marcantes.

Aos companheiros da equipe Lofeca, que sempre me acompanharam e foram fundamentais na realização deste trabalho.

Por fim, a todos que um dia esperaram, torceram e/ou contribuíram pra esse momento. **Meu muito obrigado.**

SUMÁRIO

CAPÍTULO - I	15
1.1. RESUMO	16
1.1. ABSTRACT	17
1.3. INTRODUÇÃO	18
1.4. REVISÃO DE LITERATURA	20
1.4.1. Formação de solos afetados por sais.....	20
1.4.2. Correção de solos afetados por sais	23
1.4.2.1. Lavagem contínua.....	23
1.4.2.2. Lavagem intermitente	24
1.4.3. Gesso e seus efeitos na correção de solos salino-sódicos e sódicos	24
1.4.4. Fontes orgânicas na correção da salinidade e sodicidade do solo	24
1.5. MATERIAL E MÉTODOS	25
1.5.1. Localização e Clima	25
1.5.2. Caracterização do Solo	26
1.5.3. Delineamento Experimental	29
1.5.4. Estruturação da Área Experimental	30
1.5.4.1. Recuperação do dreno coletor e construção dos drenos subterrâneos.....	30
1.5.4.2. Montagem da unidade experimental	32
1.5.4.3. Aplicação dos tratamentos.....	33
1.5.4.4. Lavagem do solo.....	33
1.5.4.5. Cultivo do Girassol.....	35
1.5.4.6. Cultivo do Arroz.....	35
1.5.4.7. Avaliação estatística dos dados	36
1.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
1.6.1. pH do solo.....	37
1.6.2. Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo.....	39
1.6.3. Percentagem de Sódio Trocável	43
1.7. CONCLUSÕES	46
1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO - II	54
2.1. RESUMO	56
2.1. ABSTRACT	57

2.3. INTRODUÇÃO	58
2.4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	59
2.5. MATERIAL E MÉTODOS	61
2.5.1. Localização e clima	61
2.5.2. Caracterização do solo.....	61
2.5.3. Preparo da área para plantio	63
2.5.4. Delineamento experimental.....	63
2.5.6. Adubação	63
2.5.7. Instalação do sistema de irrigação da cultura	64
2.5.8. Delineamento experimental.....	64
2.5.9. Semeadura do girassol	64
2.5.10. Condução do Cultivo.....	64
2.5.11. Irrigação da Cultura	64
2.5.12. Coleta dos dados de cultivo	65
2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
2.7. CONCLUSÕES.....	75
2.8. BIBLIOGRAFIA	76
CAPÍTULO - III.....	82
3.1. RESUMO.....	83
3.1. ABSTRACT	84
3.3. INTRODUÇÃO	85
3.4. REVISÃO DE LITERATURA.....	86
3.4.1. A salinidade do Solo às Plantas.....	86
3.4.2. A salinidade do Solo e o Cultivo de Arroz.....	87
3.5. MATERIAL E MÉTODOS	89
3.5.1. Localização do Experimento	89
3.5.2. Caracterização da Área.....	89
3.5.3. Delineamento Experimental	90
3.5.4 Preparo da Área para Plantio do Arroz.....	91
3.5.5. Plantio do Arroz.....	91
3.5.6. Irrigação da Cultura	91
3.5.7. Adubação	92
3.5.8. Condução do Cultivo.....	93
3.5.9. Coleta dos Dados de Desenvolvimento e Produção da cultura	93

3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
3.6. CONCLUSÕES.....	99
3.7. BIBLIOGRAFIA	100

**TRATAMENTO DE UM SOLO SALINO -
SÓDICO COM GESSO E FONTES ORGÂNICAS SOB CULTIVO
ROTACIONADO DE GIRASSOL - ARROZ.**

Santos, P. D. **Tratamento de um solo salino – sódico com gesso e fontes orgânicas sob cultivo rotacionado de girassol - arroz - Paraíba.** Areia. 2014. 95p. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO GERAL: Um experimento foi conduzido no período 05/08/2011 a 25/09/2012, para avaliar os efeitos do gesso agrícola e fontes orgânicas seguidos de lavagem contínua e cultivo de girassol (*Helianthus annus*) cv 112/V-2000 e arroz (*Oryza sativa*) variedade Diamante em um solo salino - sódico, do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, Paraíba. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições, referentes a testemunha (sem gesso e sem nenhuma fonte orgânica), gesso agrícola, esterco bovino, casca de arroz, casca de coco, gesso + esterco bovino, gesso + casca de arroz e gesso + casca de coco. O trabalho consta de três capítulos. No Capítulo – I, p. 15 – 54, estão os dados de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e percentagem de sódio trocável avaliados antes da aplicação dos tratamentos, após a lavagem do solo, após o cultivo do girassol e do arroz, respectivamente. O Capítulo – II, p. 55 - 81, apresenta os resultados de crescimento e produção do girassol e o Capítulo – III, p. 82 - 106, os dados de crescimento, composição foliar de macronutrientes e sódio e produção de grãos pela cultura do arroz.

Palavras chave: Salinidade, insumos orgânicos, correção da sodicidade do solo

Santos, P. D. **Saline sodic soil treatment with gypsum and organic sources under crop rotation of sunflower and rice.** Areia. 2014. 39 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

GENERAL ABSTRACT: An experiment was conducted in the period from 05/08/2011 to 09/25/2012, to evaluate the effects of organic gypsum and organic sources followed by continuous washing and cultivation of sunflower (*Helianthus annus*) cv 112/V-2000 and rice (*Oryza sativa*) Diamond variety in a sodic saline soil from the Irrigated Perimeter of São Gonçalo, Sousa municipality, Paraíba State, Brazil. The treatments were distributed in randomized blocks, with four replications, regarding to control (without gypsum and without any organic source), agricultural gypsum, bovine manure, rice husk, coconut husk, gypsum + bovine manure, gypsum + rice husk and, gypsum + coconuthuskl. The work is divided in three chapters. In Chapter - I, p. 15 – 54, are the data of pH, electrical conductivity of the saturation extract and exchangeable sodium percentage evaluated before the application of the treatments, after the washing of the soil, after the cultivation of sunflower and rice, respectively. The Chapter - II, p. 55 - 81, presents the results of growth and production of sunflower and the Chapter - III, p. 82 - 106, the growth data, macronutrients in leaf composition, sodium and grain yield.

Key words: Salinity, organic inputs, soil sodicity correction

CAPÍTULO - I

**LAVAGEM CONTÍNUA, GESSO AGRÍCOLA, INSUMOS ORGÂNICOS E
CULTIVO ROTACIONADO DE GIRASSOL E ARROZ EM SOLO SALINO –
SÓDICO DE SÃO GONÇALO, SOUSA - PARAÍBA**

PETRÔNIO DONATO DOS SANTOS

Orientador: prof. Dr. LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

**AREIA – PB
FEVEREIRO – 2014**

Santos, P. D. **Lavagem contínua, gesso agrícola, insumos orgânicos e cultivo rotacionado de girassol e arroz em solo salino – sódico de São Gonçalo, Sousa - Paraíba.** Areia. 2014. p. 4 - 43. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

1.1. RESUMO: A correção de solos afetados por sais objetiva a redução da concentração dos sais dissolvidos na solução e de sódio trocável no perfil do solo para um nível que possibilite o crescimento e produção das culturas. Nessa direção, o trabalho foi desenvolvido no período 05/08/2011 a 25/09/2012 para avaliar os efeitos do gesso, de fontes orgânicas e da lavagem contínua, durante 50 dias, seguido do plantio de girassol e arroz em um solo salino - sódico, do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, Paraíba. O gesso agrícola foi incorporado a 15 cm de profundidade na dosagem de 9.430 kg ha⁻¹ e os insumos orgânicos foram aplicados na mesma profundidade do gesso agrícola, tomando como referência o esterco de bovino na dosagem de 10 t ha⁻¹ de modo a aplicar a mesma dosagem de carbono entre os condicionadores orgânicos. Antes da aplicação dos tratamentos um sistema de drenagem subterrânea com tubos 'PVC' de 75 mm com furos longitudinais de 5 mm instalados a 90 cm de profundidade para a lixiviação do excesso de água. O experimento constou de oito tratamentos distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições, referentes a testemunha (sem nenhum tipo de insumo), gesso agrícola, esterco bovino, casca de arroz, casca de coco, gesso mais esterco bovino, gesso mais casca de arroz, gesso mais casca de coco. Ao final do período de lavagem foram coletadas novas amostras e o solo foi preparado para o cultivo do girassol. Finalizado o cultivo do girassol, novas amostras foram coletadas para nova avaliação e preparado para o cultivo do arroz. Ao final do experimento as maiores reduções de pH na camada superficial do solo foi verificado nos tratamentos com gesso e gesso + insumos orgânicos. A lavagem do solo sem gesso e sem insumos orgânicos apesar de reduzir a salinidade eleva a sodicidade do solo. Apesar da redução da salinidade na camada superficial do solo houve aumento da sodicidade nas camadas de 20-40 e 40-60 cm. Após o cultivo do arroz os tratamentos com gesso e gesso associado a qualquer fonte orgânica transformaram o solo salino – sódico em solo não salino na camada de 0-20 cm.

Palavras chave: Lixiviação de sais, insumos orgânicos, correção da sodicidade

Santos, P. D. **Continuous washing, agricultural gypsum, organic inputs, rice and sunflower under crop rotation in sodic saline soil from São Gonçalo, Sousa, Paraíba.** Areia. 2014. p. 4 - 43. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

1.1. ABSTRACT: Correction of soils affected by salts aims to reduce the concentration of dissolved salts in the solution and exchangeable sodium in the soil profile to a level that allows the growth and production of crops. In this direction, the work was developed in the period from 05/08/2011 to 25/09/2012 in order to evaluate the effects of gypsum, organic sources and continuous washing for 50 days, followed by the planting of sunflower and rice in a saline - sodic soil, from the Irrigated Perimeter of São Gonçalo, Sousa municipality, Paraíba State, Brazil. The agricultural gypsum was incorporated at 15 cm of depth at the dosage of 9,430 kg ha⁻¹ and the organic inputs were applied at the same depth of the agricultural gypsum, taking as reference the cattle manure at the 10 t ha⁻¹ dosage in order to apply the same carbon dosage between organic conditioners. Before the application of the treatments an underground drainage system with "PVC" pipes of 75 mm with longitudinal holes of 5mm was installed at 90 cm of depth for the leaching of excess water. The experiment consisted of eight treatments distributed in randomized blocks, with four replications, referring to the control (without any type of input), agricultural gypsum, cattle manure, rice husk, coconut husk, gypsum + bovine manure, gypsum + rice husk, gypsum + coconut husk. At the end of the washing period, new samples were collected and the soil was prepared to sunflower cultivation. After the sunflower cultivation, new samples were collected for new evaluation and prepared to rice cultivation. At the end of the experiment, the highest pH reductions in the soil surface layer were verified in the gypsum and gypsum + organic materials treatments. The soil washing without gypsum and without organic inputs, even though reduce the salinity increases soil sodicity. Although the reduction of the salinity in the superficial layer of the soil there was increase of the sodicity in the layers of 20-40 and 40-60 cm. After the rice cultivation, the treatments with gypsum and gypsum associated with any organic source transformed the saline - sodic soil into non - saline soil in the 0-20 cm layer.

Key words: Leaching of salts, organic inputs, sodicity correction

1.3. INTRODUÇÃO

Os solos afetados por sais também conhecidos por solos halomórficos são classificados em salinos, salinos - sódicos e sódicos. Esses solos são mais frequentemente distribuídos nas áreas áridas e semiáridas em condições de drenagem deficiente que se caracterizam pelo excesso de sais solúveis, sódio trocável ou de ambos simultaneamente, nas camadas próximas à superfície ou em toda extensão do perfil (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; RIBEIRO, 2010).

O excesso de sais solúveis em regiões áridas e semiáridas está relacionado as baixas pluviosidades e irregularidade das chuvas, elevada evapotranspiração e às ações antrópicas. Esses fatores contribuem para o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e/ou o aumento da percentagem de sódio trocável (sodicidade), interferindo negativamente na perda da qualidade física e química do solo e no desenvolvimento das plantas (CORRÊA et al., 2003; RIBEIRO et al., 2009).

Os fatores mais diretamente associados à degradação das terras semiáridas estão relacionados ao desmatamento para fins de agricultura, expondo o solo aos agentes de erosão (FERREIRA et al., 2011) e o manejo nem sempre adequado do solo sob irrigação que eleva o nível salino do ambiente e compromete o sistema produtivo (MEDEIROS et al., 2010). Adicionalmente a isso, a degradação física e química dos solos também é resposta do uso de água com concentração de sais acima do limite tolerado pela grande maioria das culturas (HOLANDA et al., 2010), drenagem deficiente fertilizantes com, elevado índice que resultam em acúmulo excessivo de sais nos solos (LACERDA et al., 2010; TAVARES et al., 2012).

O uso dos solos degradados pela salinização na agricultura requer o emprego de técnicas que não comprometam a qualidade ambiental e sejam economicamente viáveis para a atenuação da salinidade e possibilitem o retorno ao uso agrícola produtivo (BENNETT et al., 2009; ARAÚJO et al., 2011; D'ODORICO et al., 2013). As práticas de manejo visando à sustentabilidade dos perímetros irrigados e a eficiência das técnicas de recuperação dos solos salinos, salinos - sódicos e sódicos estão associadas à ao conhecimento da origem e evolução do problema, bem como da execução de programas de obtenção e prospecção de variedades culturais mais resistentes à salinidade (MELO et al., 2008; FERNANDES et al., 2010; SÁ et al., 2013).

As diferentes técnicas na reabilitação dos solos comprometidos por sais, em geral, são aplicadas simultaneamente ou de forma sucessiva. As técnicas são

classificadas em fundamentais e auxiliares que, respectivamente atuam na correção do problema e potencializam o efeito da correção (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; QUADIR et al., 2007; CAVALCANTE et al., 2010; SANTOS et al., 2013). Dentre as técnicas fundamentais, a lavagem do solo e a aplicação de corretivos químicos são as mais utilizadas. A lavagem envolve o processo de solubilização e lixiviação dos sais pela drenagem e o cálcio dos corretivos através da reação de troca promove o deslocamento do sódio trocável do complexo de troca que paulatinamente é removido pela lavagem ou pela água da lâmina de lixiviação (LEITE et al., 2010).

Os corretivos químicos utilizados na recuperação de solos salinos - sódicos e sódicos são compostos pelos condicionadores minerais e orgânicos. O grupo dos minerais, dentre outros, se constitui dos sais de cálcio como cloreto de cálcio e gesso. Nesse grupo, o gesso agrícola apesar de menos eficiente que o CaCl_2 é o mais utilizado devido a simplicidade de manuseio, disponibilidade no mercado e baixo custo de aquisição (QADIR et al., 2007; BARROS et al., 2009; SOUSA et al., 2014). Os condicionadores orgânicos utilizados, na maioria dos casos, são esterco bovino, casca de arroz, vinhaça. Conforme Gheyi et al. (1995), Gomes et al. (2000), Cavalcante et al. (2002), Santos et al. (2005), Gheyi et al. (2008) e Miranda et al. (2011) a decomposição desses insumos contribui para a redução da percentagem de sódio trocável pela melhoria física, liberação de CO_2 e formação de ácidos orgânicos.

A adição de matéria orgânica exerce efeito positivo na melhoria física da estrutura, redução da densidade, aumento do espaço poroso e permeabilidade (GILL et al., 2009; MELLEK et al., 2010), melhoria química no aumento da fertilidade (SILVA JÚNIOR et al., 2009; BENBOUALI et al., 2013), principalmente em cálcio e magnésio, e na atividade microbiológica do solo (LIANG et al., 2005; SILVA et al., 2008), com reflexos positivos no crescimento e produção das plantas. O emprego desses insumos e a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos devem contribuir para o reaproveitamento de áreas afetadas por sais como meta à produção vegetal (LIANG et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2009; SOUSA et al., 2014).

Pelo exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do gesso agrícola, esterco bovino, casca de arroz e casca de coco aplicados isolados e cada um juntamente com o gesso agrícola, seguidos de lavagem continua e cultivos sequenciados de girassol e arroz, na alcalinidade, salinidade e sodicidade de um solo salino – sódico.

1.4. REVISÃO DE LITERATURA

1.4.1. Formação de solos afetados por sais

A degradação ambiental é um problema de abrangência mundial, que ocorre sob várias intensidades, principalmente nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas, sendo resultante de vários fatores, entre os quais as variações climáticas e as atividades humanas (PIZARRO, 1978; RIBEIRO et al., 2009; PAIS, et al., 2012).

Os solos afetados por sais ocorrem mais frequentemente nas regiões áridas e semiáridas e constituem fator limitante à produção agrícola. Em condições naturais, a acumulação de sais no solo é resultado das altas taxas de evaporação, baixa precipitação pluviométrica, características do material de origem e das condições geomorfológicas e hidrogeológicas (BARROS et al., 2004; RIBEIRO, 2010). Esses solos contêm sais solúveis e/ou sódio trocável que podem reduzir significativamente o desenvolvimento e, consequentemente, a produtividade das culturas (SILVEIRA et al., 2008; BARROS et al., 2009).

Esse problema é antigo, mas sua magnitude e intensidade veem aumentando, devido à adoção de práticas de manejo e de correção nem sempre adequadas. No início do século XXI as perdas de terras potencialmente agrícolas no mundo eram de pelo menos três hectares a cada minuto devido aos processos de salinização e sodificação dos solos (BENNETTI et al., 2005).

Dentre os fatores que provocam a degradação das terras do semiárido destacam-se o desmatamento da vegetação natural para fins comercial da madeira e de agricultura, expondo o solo aos processo de erosão e a degradação física e química das terras dos perímetros irrigados em resposta ao manejo da água de irrigação, drenagem deficiente dos solos, utilização excessiva de fertilizante provocando acúmulos de sais nas superfícies do solo, ocasionado pela elevada evaporação e precipitação anual insuficiente para que ocorra a lixiviação dos sais da zona radicular (CORRÊA et al., 2003; RIBEIRO et al., 2009).

A origem dos sais são os minerais primários constituintes das rochas expostas da crosta terrestre que originam os solos. Durante os processos de intemperização, destaca-se o de natureza química, que refere-se às reações de hidrólise, hidratação, dissolução, oxidação e carbonatação para liberação gradual dos constituintes da salinidade que ao longo do tempo tornam solúveis (RICHARDS, 1974, PIZARRO, 1978; MEDEIROS et al., 2010). A água subterrânea transporta e acumula os sais solúveis resultantes das

reações de intemperização transferindo-os de uma área para outra, contribuindo para o incremento da salinização e sodificação dos solos (RICHARDS, 1974; RIBEIRO et al., 2009; TAVARES et al., 2012).

O processo de salinização natural ou salinização primária pode ser desencadeado por várias causas, podendo ser destacadas como as mais importantes (RIBEIRO et al., 2009): a) invasão da água salgada que deposita os sais nos terrenos atingidos, esse fenômeno é característicos de regiões costeiras; b) acumulação de sais provenientes de áreas vizinhas por escoamento superficial e drenagem lateral, sendo esta a principal causa de salinização natural no seminário nordestino, ocorrendo geralmente em áreas baixas; c) ascensão dos sais por capilaridade e acumulados nas camadas mais próximas da superfície; d) acumulação de sais em áreas baixas, em consequência da drenagem subsuperficial lateral das posições mais elevadas .

O processo de salinização induzido, artificial ou antrópico ocorre em consequência das seguintes causas: a) deposição de sais pelas águas de irrigação contendo sais dissolvidos; b) elevação dos sais à superfície por ascensão do lençol freático, em virtude do manejo inadequado da irrigação, deficiência ou ausência de drenagem, além de outros

Quando a concentração de sais de sódio aumenta, o Na^+ solúvel passa a ser adsorvido pelo complexo de troca, iniciando-se o processo de solodificação e constitui a primeira etapa do processo de sodificação, levando à formação dos solos salinos-sódicos e sódicos (PIZARRO, 1978; FREIRE & FREIRE, 2007; RIBEIRO et al., 2009; SANTOS et al., 2013).

O teor de Na^+ do complexo de troca passa a exercer ação depressiva quando seu valor equivale à metade ou mais do valor modal da relação de adsorção de sódio do solo (DIAS & BLANCO, 2010). Nessas condições, o Ca^{2+} e Mg^{2+} , por serem menos solúveis, precipitam-se na forma de bicarbonatos à medida que a solução do solo se concentra em sódio (RICHARDS, 1974, RIBEIRO, 2010) e torna o solo mais concentrado no elemento.

A ação física mais direta do sódio é a dispersão das argilas, devido à predominância de cargas negativas do íon OH^- e das forças repulsivas na dupla camada difusa. Esse fenômeno reduz a capacidade de floculação e de estabilidade de agregados do solo, refletindo-se na diminuição do espaço macroporoso para infiltração de água e crescimento radicular (BARROS et al., 2004; LIMA et al., 2010).

No manejo de solos afetados por sais há necessidade de um diagnóstico criterioso quanto aos aspectos físicos e químicos referentes à fertilidade e salinidade. Os atributos físicos devem constar de densidade do solo e de partícula, porosidade total, macro e microporosidade, grau de floculação e índice de dispersão, textura, argila dispersa em água, curva característica de umidade, infiltração de água, permeabilidade e diagnóstico de drenagem. Quanto aos atributos químicos, o solo deve ser avaliado quanto à fertilidade, isto é, teores de cátions trocáveis adsorvidos ao complexo sortivo para o cálculo da percentagem de sódio trocável (PST) e também a partir dos dados de condutividade elétrica, pH, teores de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , razão de adsorção de sódio (RAS), obtidos do extrato de saturação e da percentagem de sódio trocável (PST) do complexo sortivo (RICHARDS, 1974; FREIRE & FREIRE, 2007; RIBEIRO, 2010).

Quanto aos sais, os solos são classificados como não salinos ou normais, salinos, salinos - sódicos e sódicos como indicados na Tabela 1.1. (RICHARDS, 1974; QUEIROZ et al., 2010)).

Tabela 1.1. Classificação da condição salina do solo em função da CE (condutividade elétrica do extrato de saturação), PST (porcentagem de sódio trocável) e pH.

Solo	CEes $dS m^{-1}$	PST (%)	pH
Normal	<4	<15	<8,5
Salino	>4	<15	<8,5
Salino-sódico	>4	>15	$\pm 8,5$
Sódico	<4	>15	8,5 a 10,0

Fonte: Richards. (1974).

A salinidade estuda os efeitos negativos do excesso da concentração de sais solúveis da solução do solo, os aspectos tóxicos e osmóticos relacionados à nutrição mineral das plantas; a alcalinidade relaciona-se mais à ação dos sais na degradação física dos solos prejudicando a estrutura, espaço macroporoso, diminuição da capacidade de infiltração de água, condutividade hidráulica, além de concentrar o solo em sódio trocável, carbonatos e bicarbonato (RICHARDS, 1974; DIAS & BLANCO, 2010).

1.4.2. Correção de solos afetados por sais

A correção de solos afetados por sais tem como objetivo a redução da concentração dos sais solúveis e do sódio trocável no perfil do solo para um nível que permita o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas (BENNETTI et al., 2009; ARAÚJO et al., 2011; D'ODORICO et al., 2013). Quando o problema é de salinidade, isto é, de natureza química, os solos são salinos e com elevados teores de sais dissolvidos na solução, a recuperação deve ser feita através da lavagem contínua, intermitente ou intercalada, conforme as condições físicas e topográficas da área (CAVALCANTE et al., 2010).

Caso a degradação seja pela sodicidade, isto é de natureza física e química, como os solos salinos - sódicos e sódicos, a correção do excesso de sódio trocável deve ser feita pela incorporação de corretivos químicos que contenham cálcio na sua composição como gesso e cloreto de cálcio (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; BARROS et al., 2009). Pode também ser feita com aplicação de ácidos e/ou formadores de ácidos que por meio de reações com o ácido carbônico e carbonatos do solo degrado produzam gesso para disponibilizar cálcio para substituição do Na^+ do complexo sortivo para a solução e ser parcialmente lixiviado do ambiente radicular através da lavagem (RICHARDS, 1974; TANJI, 1990; ARAÚJO et al., 2011).

Há também as práticas de natureza orgânicas que por exercerem efeitos positivos na melhoria física do solo como aumento da macroporosidade para a dinâmica da água e crescimento radicular (MELLEK et al., 2010). Essas práticas devem ser empregadas simultaneamente com os corretivos químicos para a redução da sodicidade de solos (GHEYI et al., 1995; GOMES et al., 2000; CAVALCANTE et al., 2002; LIANG et al., 2005; CAMPOS et al. 2011, SOUSA et al., 2014).

1.4.2.1. Lavagem contínua

Nesse tipo de lavagem a irrigação é aplicada para cobrir a superfície da área com uma lâmina de água que pode ser de até 10 cm acima da superfície. Esse método promove a lixiviação dos sais dissolvidos mais rapidamente para o cultivo mais cedo da área. Essa prática, em geral, é mais recomendada para solos de boa permeabilidade, lençol freático profundo e em áreas de alta evaporação (PIZARRO, 1978).

1.4.2.2. Lavagem intermitente

Essa prática consiste da aplicação intercalada de uma lâmina de água até uma determinada altura acima da superfície do solo e espera-se até que a água seja infiltrada para reposição de nova lâmina até a condutividade elétrica do solo ser diminuída para valor tolerado pela cultura a ser implantada (TANJI, 1990; AYERS & WESTOCT, 1999; CAVALCANTE et al., 2010). Conforme Richards (1974), é mais recomendada para solos com limitada capacidade drenagem e em solo com nível do lençol freático próximo à superfície.

1.4.3. Gesso e seus efeitos na correção de solos salino-sódicos e sódicos

Solos comprometidos pela sodicidade devem ser tratados com corretivos químicos seguido de irrigação por um período suficiente para a solubilização dos componentes e lavagem para a lixiviação paulatina dos sais (SILVEIRA et al., 2009; BARROS et al., 2009; SOUSA et al., 2014). Nesse contexto, o gesso agrícola se insere como o corretivo químico mais empregado no Nordeste, apesar da baixa solubilidade próxima de 2 g L^{-1} é de adequada disponibilidade no mercado, custo acessível e de fácil aplicação. Esse corretivo químico após solubilizado disponibiliza cálcio que reage, por reação de simples troca, com sódio, do complexo sortivo e o transfere para a solução do solo para ser lixiviado através da lavagem (GHEYI et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010).

A eficiência do gesso como corretivo é dependente da sua solubilidade. Dentre os fatores que influenciam a dissolução do gesso no solo destacam-se a granulometria das partículas do corretivo químico, a textura do solo, contato gesso e solo e o método de aplicação (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; MELO et al., 2008).

1.4.4. Fontes orgânicas na correção da salinidade e sodicidade do solo

A matéria orgânica mesmo não sendo considerada corretivo químico, exerce efeitos positivos na melhoria física (MELLEK et al., 2010; CAMPOS et al., 2011) e química dos solos afetados por sais (GOMES et al., 2000; FREIRE & FREIRE, 2007; GHARAIBEH et al., 2009; BENBOUALI et al., 2013). Apesar dos baixos teores na composição química, principalmente em cálcio, promove a liberação de CO_2 , produz ácidos orgânicos, estimula a oxidação biológica e a atividade microbiana, eleva a dinâmica da água, diminui a CEes e a PST (CAVALCANTE et al., 2002; SANTOS et

al., 2005; MAHMOUD & MOHAMED, 2008; GILL et al., 2009; MIRANDA et al., 2011).

A possibilidade do uso de compostos orgânicos de origem animal ou vegetal por serem ricos em ácidos orgânicos, conforme Liang et al. (2005) e Silva Júnior et al. (2009), mitigam os efeitos danosos da salinidade da água ou do solo às plantas. Ao considerar que, em geral, são de baixa concentração química, inclusive em cálcio que desloca o sódio do complexo de troca para a solução do solo, a eficiência desses insumos na redução da salinidade e da sodicidade dos solos deve aumentar sob aplicação simultânea com gesso agrícola.

Para Santos et al. (2005), Freire & Freire (2007) e Miranda et al. (2011) os condicionadores orgânicos como esterco bovino, casca de arroz e vinhaça contribuem para a redução da salinidade e da sodicidade dos solos. Resultados positivos na melhoria química de solos degradados pela sodicidade, tratados com vinhaça, esterco bovino, casca de arroz e vermicomposto, em termos de condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável, foram obtidos por Gheyi et al. (1995), Gomes et al. (2000); Cavalcante et al. (2002), Santos et al. (2005), Sá et al.,(2013) e Sousa et al. (2014).

1.5. MATERIAL E MÉTODOS

1.5.1. Localização e Clima

O trabalho foi desenvolvido durante no período de agosto/2011 a setembro/2012, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa-PB, inserido na microrregião do Vale do Rio Piranhas, numa altitude média de 235 m localizado pelas coordenadas geográficas: latitude sul 6° 50' e longitude 38° 19' a oeste do meridiano de Greenwich.

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG), Sousa, PB, está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas; tem como fonte hídrica os açudes Engenheiro Ávidos e São Gonçalo com capacidade de 255.000.00 m³ e 44.600.000 m³ respectivamente (CORRÊA et al., 2003). A altitude média do perímetro é de 235 m acima do nível do mar. Situa-se numa região de clima semiárido quente, do tipo Bsh da classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), ou seja, a evaporação é superior à precipitação, com período chuvoso nos meses de janeiro a maio; a temperatura média anual é de 27°C, com máxima de 38°C e umidade relativa do ar 64% (DNOCS, 1997).

As variáveis climáticas durante a realização do experimento, nos anos 2011 e 2012, estão na Tabela 1.2.

Tabela 1.2. Valores mensais de precipitação, evaporação, temperatura e umidade relativa do ar do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, obtidos da estação meteorológica de São Gonçalo, Sousa PB.

Mês	Precipitação		Evaporação		Temperatura		Umidade	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
	-----mm-----						-----°C-----	
Jan	341,6	124,5	109,9	169,3	25,2	26,2	87	74
Fev	404,2	218,0	80,0	131,7	24,6	25,5	94	33
Mar	125,6	27,0	95,4	125,3	24,6	25,4	93	24
Abr	168,2	130,7	93,0	125,5	25,1	25,6	91	85
Mai	73,3	11,0	100,3	178,1	24,8	25,7	90	76
Jun	51,1	25,9	147,6	179,2	25,1	25,1	80	74
Jul	23,1	6,2	170,7	218,7	25,3	26,1	75	63
Ago	3,7	0,0	225,7	287,9	26,3	27,4	65	51
Set	0,0	0,0	276,6	291,1	27,8	26,3	57	57
Out	124,4	0,0	195,0	266,5	26,2	21,5	75	61
Nov	15,1	0,0	165,6	206,2	25,6	26,5	78	69
Dez	15,7	1,0	194,2	239,2	25,7	26,1	77	73
T/M	1.346	544,3	1.854	2.418,7	25,5	25,6	80	62

T = Valores totais para precipitação e evaporação; M = Valores médios para temperatura e umidade relativa do ar.

1.5.2. Caracterização do Solo

O solo da área experimental é um Luvissolo Crômico Eutrófico, salino-sódico (EMBRAPA, 2013) e quanto à salinidade é salino-sódico (RICHARDS, 1974).

Após a definição dos tratamentos e a distribuição das parcelas nos blocos, antes da instalação do experimento em agosto de 2011 foram coletadas oito amostras simples por parcela e transformadas numa amostra composta nas camadas de 0-20; 20-40 e de 40-60 cm por bloco para a caracterização física e química do solo .

A caracterização física foi feita apenas na camada de 0-20 cm (Tabela 1.3) e constou da determinação da densidade do solo pelo método do torrão parafinado, densidade de partículas pelo método da água fervente em balão volumétrico, porosidade total (Pt) pela relação [Pt = (1- ds/dp)100], em que: ds = densidade do solo; dp = densidade de partículas, teores de areia, silte e argila utilizando hexametafosfato de sódio como agente dispersante químico (RICHARDS, 1974). Os teores de umidade para confecção da curva de retenção de água, nos primeiros 20 cm da área experimental, nas tensões de -0,10; -0,33; -1,0; -5,0; 1-0,0 e -15,0 bars (Figura 1.1), foram obtidos em

amostras previamente saturadas e desidratadas em câmeras de pressão de Richards (1965).

Tabela 1.3. Caracterização física do solo na camada 0 – 20 cm.

Variáveis	Valores
Areia grossa (g kg^{-1})	350
Areia fina (g kg^{-1})	360
Silte (g kg^{-1})	155
Argila (g kg^{-1})	135
Arg. Disp. Água (g kg^{-1})	86
Grau de floculação (%)	40
Índice de dispersão (%)	60
Densidade solo (g cm^{-3})	1,52
Densidade partícula (g cm^{-3})	2,69
Porosidade total (m m^{-3})	0,43
Classe textural	franco arenoso

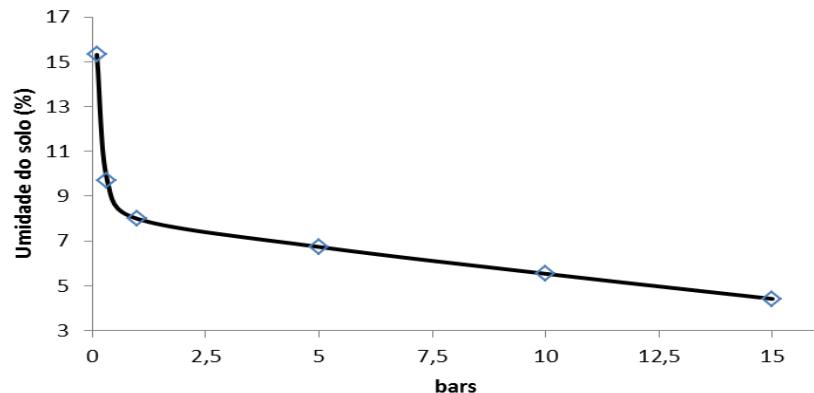


Figura 1.1. Curva característica da umidade do solo referente à camada 0 – 20 cm.

Por ser um solo salino – sódico com pH, em geral acima de 8,5 nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, sem H^+ Al³⁺, as amostras foram submetidas ao extrator acetato de amônio pH 7 para as determinações dos teores totais ou extraíveis de cálcio, magnésio, sódio e potássio, do complexo sortivo empregados no cálculo da percentagem de sódio trocável - PST (RICHARDS, 1974)) e para determinação de fósforo foi utilizado o extrator de Olsen & Sommers (1982). Os teores solúveis dos respectivos cátions, valores de pH e da condutividade elétrica do extrato de saturação, antes da instalação do experimento (Tabela 1.4) e após o período da lavagem do solo, do cultivo do girassol e do arroz foram obtidos do extrato conforme as metodologias de Richards (1974). Por se tratar de solo salino-sódio, os teores trocáveis de sódio foram obtidos pela diferença

entre os teores extraíveis (totais) do complexo sortivo e solúveis do extrato de saturação considerando a umidade da pasta saturada, conforme a expressão:

Teor trocável = Teor total - (Teor solúvel/1000) x umps. Em que umps = umidade da pasta de saturação (%).

Tabela 1.4. Caracterização do solo, quanto à situação salina em cada parcela experimental, antes da aplicação dos tratamentos, nas profundidades 0 – 20, 20 – 40, e 40 – 60 cm .

Tratamentos	Profundidade 0 - 20 cm					
	Na⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Ca²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	CEes (dS m ⁻¹)	PST(%)	pH	Classe
T	2,7	3,6	3,4	28,9	8,1	Sódico
G	4,6	5,9	3,9	33,6	8,4	S. Sódico
EB	5,3	5,9	5,7	36,0	8,0	S. Sódico
CA	5,3	5,3	5,6	38,2	8,1	S. Sódico
CC	4,4	4,3	4,8	39,2	8,1	S. Sódico
G+EB	3,8	4,1	4,1	34,0	8,2	S. Sódico
G+CA	3,4	6,2	3,6	42,5	8,1	Sódico
G+CC	4,8	4,3	6,0	32,5	8,4	S. Sódico
Média	3,9	4,9	4,6	35,6	8,2	S. Sódico
Profundidade 20 – 40 cm						
T	3,1	4,1	4,0	77,0	9,2	S. Sódico
G	3,7	4,7	3,3	68,0	9,1	Sódico
EB	5,8	6,4	4,7	64,7	8,7	S. Sódico
CA	5,7	5,6	4,0	76,1	8,8	S. Sódico
CC	4,8	4,7	4,4	76,5	8,8	S. Sódico
G+EB	4,3	4,7	4,2	75,7	8,9	S. Sódico
G+CA	3,8	6,9	4,4	66,5	8,8	S. Sódico
G+CC	4,7	4,1	4,6	77,3	9,0	S. Sódico
Média	4,4	5,1	4,2	72,7	8,9	S. Sódico
Profundidade 40 – 60 cm						
T	3,5	4,6	4,7	71,1	9,3	S. Sódico
G	3,0	5,9	2,7	62,7	9,1	Sódico
EB	5,4	6,0	3,5	76,7	9,2	Sódico
CA	6,3	6,2	4,4	87,4	9,5	S. Sódico
CC	5,5	5,4	5,2	78,5	9,0	S. Sódico
G+EB	4,7	5,1	5,3	86,6	9,4	S. Sódico
G+CA	4,3	7,8	3,6	66,5	9,0	Sódico
G+CC	4,9	4,4	3,8	90,0	9,7	Sódico
Média	4,7	5,6	4,1	77,4	9,3	S. Sódico

T - Testemunha; G - Gesso agrícola; EB - Esterco bovino; CA - Casca de arroz; CC - Casca de coco; G+EB - Gesso + esterco bovino; G+CA - Gesso + casca de arroz; G+CC - Gesso + casca de coco.

1.5.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com oito tratamentos distribuídos em parcelas de 7,5 m x 7,0 m correspondentes 52,5 m² em quatro repetições, referentes a testemunha (sem nenhum insumo), gesso agrícola (Tabela 1.5), esterco bovino, casca de arroz, casca de coco, gesso + esterco bovino, gesso + casca de arroz e gesso + casca de coco.

Tabela 1.5. Composição do gesso agrícola, conforme dados do fornecedor.

Composição	Percentagem (%)
Umidade em massa	5
Cálcio (Ca)	17-20
Enxofre (SO ₄)	25-28
Fósforo total (P ₂ O ₅)	0,6-0,7

Fonte: Super Gesso, Araripina PE.

O gesso agrícola (sulfato de cálcio dihidratado - CaSO₄.2H₂O) tem sido o corretivo químico mais empregado na correção de solos degradados por sais devido principalmente ao seu baixo custo em relação aos demais e aos seus efeitos positivos na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, apesar da sua baixa solubilidade, próximo de 2 g L⁻¹ (PIZARRO, 1978).

A dosagem de gesso foi obtida com base na expressão: NG = [(PSTi - PSTf)/100] x CTC x z x ds x peqG (PIZARRO, 1978), adicionando 25% a mais na dose calculada. Como o solo não contém H⁺+Al³⁺ a CTC é igual a soma de bases trocáveis – SB. Em que: NG = Necessidade de gesso (kg ha⁻¹); PSTi = Percentagem de sódio trocável que o solo possui antes da aplicação dos tratamentos; PSTf = percentagem de sódio trocável que se deseja que o solo atinja (10%), conforme Pizarro (1978); CTC = Capacidade de troca catiônica do solo (cmol_c kg⁻¹); z = Profundidade de incorporação do gesso (cm), ds = Densidade do solo (g cm⁻³); peqG = Peso equivalente do gesso (86). No cálculo da PST foi utilizado o teor de sódio trocável, e a CTC com os valores totais ou extraíveis, inclusive de sódio. A dose calculada ou teórica foi 7.184 kg ha⁻¹ de gesso mas, com os acréscimos de 25% e de 5% da umidade foi elevada para 9.430 kg ha⁻¹. Esse valor dividido por 52,5 m² (área de cada parcela) corresponde a 49,5 kg de gesso agrícola por parcela experimental.

Os insumos orgânicos foram caracterizados conforme Embrapa (2009) (Tabela 1.6) e, assim como o gesso, foram incorporados manualmente a 15 cm de profundidade

do solo. O esterco bovino foi adotado como fonte orgânica referência fornecendo-se 10 t ha⁻¹ do insumo de modo a se fornecer aos diferentes tratamentos a mesma dosagem de 3.830 kg ha⁻¹ de carbono orgânico, independentemente da fonte orgânica.

Tabela 1.6. Caracterização química dos insumos orgânicos utilizados no experimento.

Insumos	pH (H ₂ O)	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	MO	N	CO	C/N
		---Mg dm ⁻³ ---			----g/kg----		----%----			
C. coco	4,9	24,7	1500	3,6	1,1	1,0	831,5	3,9	48,2	122
C. Arroz	6,0	229,1	1277	3,1	2,4	2,4	710,6	4,6	41,5	89
Est. Bov.	7,9	3927,3	6277	15,4	6,7	5,9	661,0	38,3	38,3	17

C. Coco - Casca de coco; C. Arroz - Casca de arroz; Est. Bov - Esterco bovino; pH - Potencial de hidrogênio ; P - Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio;; Ca²⁺- Cálcio; Mg²⁺- Magnésio; MO - Matéria orgânica; N- nitrogênio; CO - Carbono orgânico; C/N- Relação carbono/nitrogênio.

1.5.4. Estruturação da Área Experimental

1.5.4.1. Recuperação do dreno coletor e construção dos drenos subterrâneos.

Antes do início das atividades na área experimental, foi realizada a desobstrução do dreno coletor (Dreno principal) com máquina escavadeira acoplada a um trator, em toda a extensão do dreno (Figura 1.2). A retirada do material do interior do dreno resultou no aprofundamento de 1 m, suficiente para o escoamento da água liberada pelo sistema de drenagem da área experimental.



Figura 1. 2. Recuperação do dreno coletor principal próximo à área experimental.

Em seguida foram instalados cinco drenos subterrâneos três distribuídos entre os blocos, um ao norte e ou ao sul em posição paralela entre eles e perpendicular ao dreno coletor como indicado na Figura 1.3.



Figura 1.3. Dreno subterrâneo entre blocos.

Os drenos subterrâneos foram abertos com largura e profundidade de 30 e 90 cm, declividade 2% e distanciados de 9 m entre si. Na confecção do dreno subterrâneo foi utilizado brita de número 1, tubos de PVC de 60 mm perfurados transversalmente a cada 0,10 m e cobertos com lona plástica (Figuras 1.4 e 1.5).



Figura 1.4. Construção do dreno subterrâneo.



Figura 1.5. Colocação da lona plástica no dreno subterrâneo.

1.5.4.2. Montagem da unidade experimental

O trabalho foi instalado num solo classificado, conforme Embrapa (2013), como Luvissolo Crômico Eutrófico seriamente degradado por sódio trocável (salino-sódico), numa área útil de 2.800 m² medindo 40 m de largura no sentido Norte - Sul e 70 m de comprimento no sentido Leste - Oeste. A área experimental pertence ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), situada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, Paraíba, localizada à margem esquerda da estrada que liga o distrito de São Gonçalo ao IFPB, em frente ao Setor de Fruticultura. Cada tratamento foi implantado em parcelas de 7,5 m x 7,0 m.

Antes da instalação das parcelas experimentares foi realizada uma subsolagem de toda a área em sentido cruzado, na profundidade de 0,50 m, seguida de aração e gradagem, também em sentido cruzado na profundidade de 0,30 m.

Em seguida foi realizado o piqueteamento de toda área para delimitação dos blocos, e, por conseguinte, das parcelas experimentais, com a finalidade de facilitar o levantamento das marachas para delimitação das áreas experimentais e barramento da água posteriormente utilizada na lavagem da área. Após a elevação das marachas com

trator e implemento procedeu-se o acabamento manual das parcelas experimentais. As marachas foram confeccionadas na altura de 50 cm (Figura 1.6)



Figura 1.6. Acabamento e elevação das marachas de delimitação das parcelas experimentais.

1.5.4.3. Aplicação dos tratamentos.

Os insumos foram distribuídos a lanço nas parcelas experimentais de forma homogênea para que toda a área da parcela recebesse cada insumo ou a mistura de gesso com cada fonte orgânica, uniformemente. (Figura 1.7).



Figura 1.7. Distribuição do gesso e das fontes orgânicas nos tratamentos.

1.5.4.4. Lavagem do solo.

Após a incorporação dos insumos procedeu-se a saturação do solo com volume de água capaz de formar uma lâmina de 10 cm para cobrir toda a área da parcela realizando a lavagem contínua durante 50 dias. A reposição da água de lavagem era

feita sempre que a lâmina baixava para uma altura ≤ 4 cm, fazendo com que as parcelas sempre estivessem sendo lavadas. A água foi aplicada individualmente tomando-se a cautela para que a água de uma parcela não se transferisse para a outra.

A água utilizada para a lavagem do solo e irrigação das plantas de girassol e arroz foi oriunda de um poço amazonas, com profundidade e diâmetro, respectivamente de 8 e 4 m, localizado próximo a área em estudo e conforme Ayes & Westcot (1999) apresentava a caracterização química indicada para irrigação (Tabela 1.7).

Tabela 1.7. Caracterização química da água utilizada na lavagem do solo.

pH	CE dS m ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS (mmol L) ^{0,5}	Classe
6,8	0,37	0,15	1,23	1,01	1,19	0,01	0,00	1,69	1,88	1,17	C ₁ S ₁

pH - Potencial de hidrogênio; CE - Condutividade elétrica; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; SO₄²⁻ - Sulfato; CO₃²⁻ - Carbonato; HCO₃⁻ - Bicarbonato; Cl⁻ - Cloreto; RAS - Razão de adsorção de sódio; C₁ e S₁ = Respectivamente, risco baixo de salinizar e de sodificar o solo.

O período de lavagem foi baseado no trabalho de Gomes et al. (2000) e se estendeu por 50 dias a contar da primeira até a última aplicação de água nas parcelas experimentais (Figura 1.8).



Figura 1.8. Lavagem contínua do solo

Ao final da lavagem, do cultivo do girassol e do arroz, respectivamente em cada caso, amostras de solos foram coletadas adotando os mesmos critérios para a caracterização inicial, quanto aos teores totais dos cátions trocáveis do complexo sortivo e solúveis do extrato de saturação, para avaliação dos tratamentos nas camadas de 0-20, 20-40 e de 40-60 cm.

1.5.4.5. Cultivo do Girassol.

Após a lavagem, o solo foi submetido a uma capina manual, em seguida efetuou-se a semeadura de 3 (três) sementes de girassol (*Helianthus annuus*) cv BRS Embrapa V-122 por cova. O espaçamento foi de 1 m x 0,6 m e 20 dias após a semeadura efetuou-se o desbaste mantendo a planta mais vigorosa.

A irrigação da cultura até o estádio fenológico “R9” foi feita pelo método de aplicação localizada por microaspersão, obedecendo a evaporação local e o coeficiente de cultura - kc de acordo com os estádios vegetativos (DOORENBOS & KASSAN, 1994). A adubação da cultura com NPK seguiu as recomendações de Emparn (2009) para solos sem problemas de salinidade.

Ao final do cultivo do girassol, em janeiro/2012, nova amostragem do solo nas respectivas camadas foi feita para avaliação da alcalinidade pelo pH da pasta de saturação, da salinidade pela condutividade elétrica do extrato de saturação e da sodicidade pela percentagem de sódio trocável.

1.5.4.6. Cultivo do Arroz.

As mudas de arroz (*Oryza sativa*) variedade Diamante foram formadas em canteiros e transplantadas nas parcelas quando estavam com no 3 (três) pares de folhas definitivas. Foram transplantadas 2 (duas) plantas por cova em espaçamento de 0,1m x 0,3m.

A irrigação da cultura, nos primeiros 30 dias, foi realizada diariamente por um sistema de microaspersão, de maneira que as parcelas mantivessem uma lâmina mínima de água acima da superfície, mas sem comprometer o crescimento das plantas. Essa operação conforme Gomes et al. (2000) assegura o pegamento, crescimento mais homogêneo e evita a turbulência da água do método por inundação. Dos 30 aos 80 dias, após a transplantio, a irrigação foi por inundação com a mesma água utilizada na lavagem do solo e no cultivo do girassol.

As adubações foram feitas no início do perfilhamento e no enchimento dos grãos (GOMES et al.,2000), como base no Manual de Adubação para o Estado do Pernambuco (CAVALCANTI, 2008). A partir dos 80 dias, devido o enchimento dos grãos, a irrigação foi suspensa até a após colheita, em junho/2012, nova amostragem do solo foi feita para a caracterização quanto.

1.5.4.7. Avaliação estatística dos dados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de significância de 5 e 1% de probabilidade e por comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de probabilidade de erro de 5%, adotando o soft SAS/STAT para processamento dos dados.

1.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação tratamento × profundidade × época de avaliação, exceto sobre a alcalinidade com base no pH da pasta de saturação (pHps), exerceu efeitos significativos na condutividade elétrica do extrato de saturação - CEes (salinidade) e na percentagem de sódio trocável - PST (sodicidade) (Tabela 1.8). Consta-se também que a interação tratamento × época de amostragem interferiu estatisticamente na salinidade expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação e a interação entre profundidade do solo e épocas de amostragem na salinidade (CEEs) e na sodicidade do solo (PST).

Tabela 1.8. Resumos das análises de variância, referentes aos valores de pHps, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e percentagem de sódio trocável (PST) do solo antes da lavagem contínua, após a lavagem contínua, após o cultivo do girassol e após o cultivo do arroz.

FV	gl	pHps	Dms	CEes	Dms	PST	Dms
Bloco	3	0,796	ns	-	0,853	ns	-
Tratamento (t)	7	0,678	ns	2,63	2,061	ns	3,80
Resíduo (a)	21	1,305	-	-	2,730	-	-
Profundidade (p)	2	60,184	**	0,84	5,621	**	2,09
t*p	14	0,261	*	1,47	2,375	**	3,66
Resíduo (b)	48	0,345	-	-	2,146	-	-
Época (e)	3	0,665	**	1,32	78,325	**	3,99
t*e	21	0,153	ns	2,03	1,703	**	6,16
p*e	6	0,255	ns	1,61	3,626	**	4,88
t*p*e	42	0,119	ns	2,04	1,295	*	6, 20
Resíduo (c)	216	0,614	-	-	5,639	-	-
TOTAL	283	65,375		106,375		111994,203	
CV _a (%)		13,17			53,11		35,86
CV _b (%)		6,78			47,09		23,45
CV _c (%)		9,03			76,33		33,23

FV = Fonte de variação; gl = Grau de liberdade; pHps = pH da pasta de saturação; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = Percentagem de sódio trocável; dms = Diferença mínima significativa – teste de Tukey; CV(%) = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; * e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

1.6.1. pH do solo

Ao comparar os valores de pHs nas três camadas observa-se, que embora a maior parte dos tratamentos não tenha exercido efeitos significativos os menores valores ao final do experimento foram registrados na camada superior do solo (0-20 cm) como indicado na Figura 1.9, mas aumentaram ao longo das profundidades. Possivelmente, a lixiviação de sódio e o carreamento das bases trocáveis para as camadas inferiores (20-40 e 40-60 cm) pela ação da lavagem tenha contribuído para a diminuição do pH na camada mais superficial do solo.

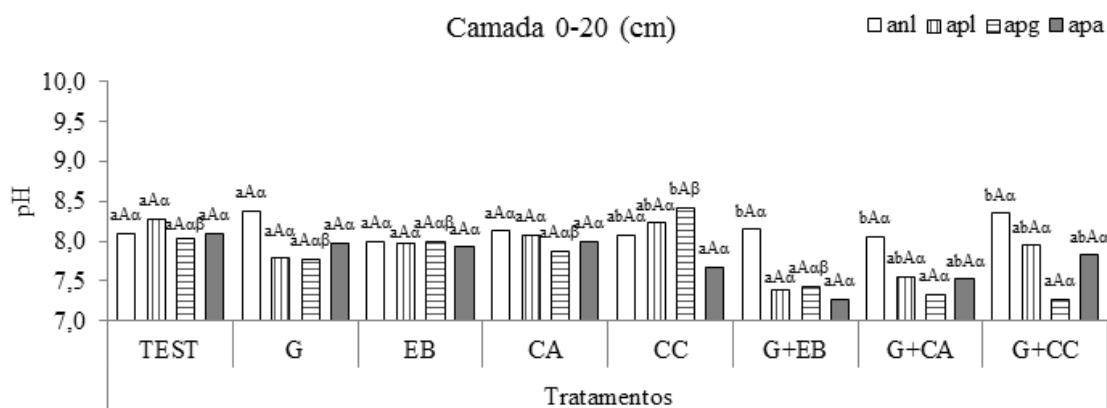


Figura 1.9- pH do solo na camada 0-20 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

Na camada superficial do solo, todos os tratamentos exibiram a uma mesma tendência de redução do valor final do pH diferenciando-se do tratamento testemunha que se manteve, basicamente inalterado. O tratamento de maior eficiência na redução da variável foi o gesso agrícola + esterco bovino (G+EB), com declínio de 11% seguido de gesso mais casca de arroz (G+CA) ao final do experimento, após o cultivo do arroz. A redução pode ser resposta da em estruturar o solo favorecendo condições físicas para aumentar a lixiviação de sais após a troca de Na^+ por Ca^{2+} nos sítios de adsorção pela adição do gesso.

Possivelmente, não apenas, pela ação química dos tratamentos, já que o gesso é aprótico, mas também percolação da água através do solo que lixivia ânions hidroxilas para a formação de, carbonatos e bicarbonatos. Situação semelhante foi observada por

Santos et al. (2005), Leite et al. (2007) e Sá et al. (2013) após constatarem diminuição de pH em solo salino - sódico tratado com gesso agrícola.

Na camada 20-40 cm, os tratamentos com insumos gesso e fontes orgânicas, de forma isolada ou aplicados simultaneamente, após a lavagem e o cultivo do girassol e do arroz apesar das congruências entre si houve elevação do valor numérico (Figura 1.10). Possivelmente, o período experimental não tenha sido suficiente para a eficiência dos tratamentos.

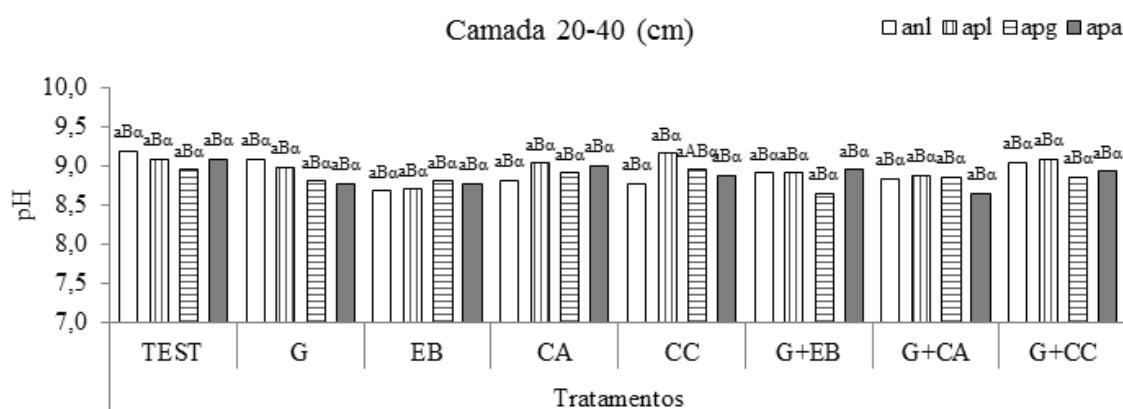


Figura 1.10. Valores de pH do solo na camada 20-40 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

Comportamentos semelhantes foram apresentados por Qadir et al. (2007), ao trabalharem com gesso e plantas halófitas na recuperação de solos afetados por sais, pois observaram aumento de pH no solo e atribuíram esse comportamento ao provável processo de hidrólise do Ca^{2+} e Mg^{2+} , que gera OH^- , tal processo promove uma reação com o bicarbonato que resulta no aumento do carbonato na solução do solo, e a presença desses ânions no meio promove uma subsequente elevação do pH, fato que pode ter ocorrido nas camadas 20 – 40 e 40 – 60 cm do solo, ou até mesmo ter recebido estes ânions da lixiviação das camadas superiores.

De maneira geral, os valores observados em todos os tratamentos e em todas as épocas de avaliação são expressivamente altos e não revelam eficiência dos tratamentos na redução da alcalinidade do solo. Essa situação diverge de Gheyi et al. (1995), Cavalcante et al. (2002), Gheyi et al. (2008), Miranda et al. (2011) que após

submeterem um solo salino-sódico ao tratamento com gesso e fontes orgânicas registraram redução de pH.

Na camada 20-40 cm, o tratamento de maior eficiência na redução de pH foi o tratamento gesso (G), com queda de 3,3% entre o valor inicial e final do experimento. Os resultados diferem dos alcançados nos demais tratamentos nas camadas de 0-20 e de 40 – 60 cm (Figura 1.11) em que o tratamento que mais contribuiu pra redução do valor de pH foi gesso + esterco bovino (G+EB) com diminuição em 4,3%. Apenas o tratamento com gesso + casca de arroz (G+CA) apresentou elevação deste valor quando avaliado na camada mais profunda.

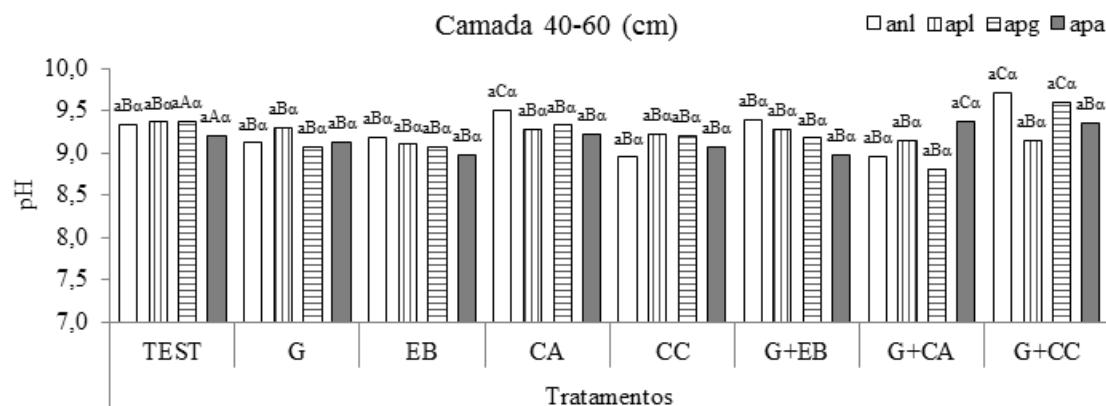


Figura 1.11. pH do solo na camada 40-60 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

1.6.2. Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo

Independentemente dos tratamentos aplicados as maiores reduções da condutividade elétrica do extrato de saturação foram constatadas, em todas as camadas, após a lavagem do solo. Pelos resultados verificou-se que os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação, durante o período experimental, manteve-se na ordem sequencial: após a lavagem<após o cultivo do girassol>após o cultivo do arroz

Na camada 0-20 cm (Figura 1.12), os tratamentos testemunha, fontes orgânicas isoladas (EB, CA e CC) e gesso mais casca de coco promoveram os maiores decréscimo da CEes após a lavagem em comparação ao solo antes de iniciar da aplicação dos tratamentos. Por outro lado, os tratamentos gesso, gesso mais esterco bovino e gesso

mais casaca de arroz, em função da solubilização do gesso e da mistura com as referidas fontes orgânicas, elevaram o nível salino ao ponto de superar os valores dos solo antes da aplicação dos tratamentos.

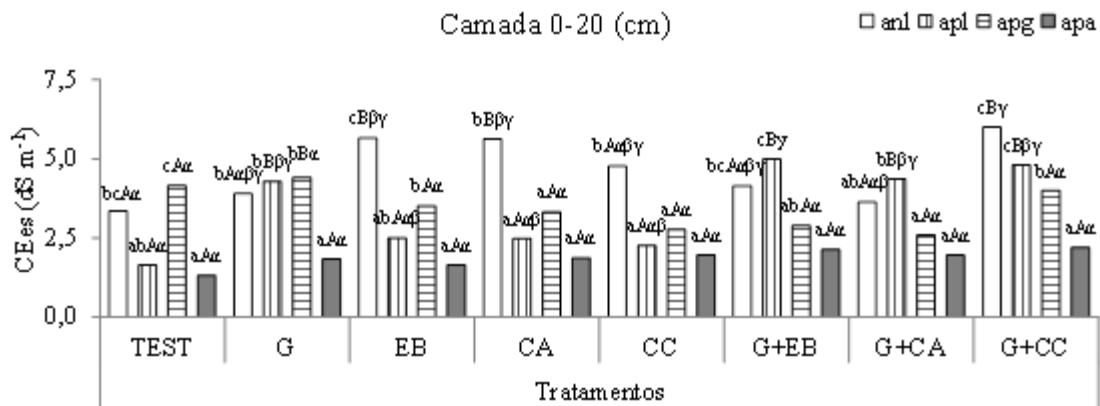


Figura 1.12. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada 0-20cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

Pela relação entre os valores da CEes depois e antes da lavagem, o tratamento de maior eficiência na camada mais superficial foi casca de arroz (CA) com redução de 66,1% e superando também os tratamentos com gesso agrícola e gesso mais casca de arroz. Essa situação pode ser resposta da melhoria física do solo promovida pelos materiais orgânicos aumentando a macroporosidade (MELLEK et al., 2010) para maior lixiviação dos sais pela lavagem e ação da drenagem (GOMES et al., 2000, GHEYI et al., 2008; TAVARES et al., 2012)

A redução da CEes após a lavagem do solo, por 50 dias, refere-se à lixiviação dos sais solúveis decorrentes da ação dos tratamentos e do sistema de drenagem subterrânea. Resultados semelhantes foram observados também por Gheyi et al. (1995), Gomes et al. (2000), Cavalcante et al. (2002), Silveira et al. (2008), Miranda et al. (2011), ao concluírem que o gesso agrícola isolado ou associado com fontes orgânicas, dentre elas esterco bovino, reduzem a condutividade elétrica de solos degradados pela sodicidade.

Os tratamentos com gesso e gesso mais fontes orgânicas promoveram aumento da condutividade elétrica do solo do final da lavagem ao final do cultivo do girassol na

camada de 0-20 cm do, mas foram reduzidos com o cultivo do arroz. De acordo com Leite et al (2007), a manutenção ou elevação da CEes após aplicação de gesso não significa que os tratamentos não exerceram efeitos positivos na melhoria química do solo. Com a solubilização o corretivo químico (gesso) e as fontes orgânicas liberam os mesmos constituintes da salinidade e ocorre momentaneamente o aumento do CEes, mas também há a substituição do sódio pelo cálcio no complexo de troca, mesmo que de forma paulatina, e eleva o conteúdo salino do ambiente (GILL et al., 2009; LEITE et al., 2010).

Nessa situação, aplica-se a lavagem ou uma fração de lavagem para a lixiviação dos sais para correção da salinidade e essa prática expressa a importância do sistemático monitoramento da salinidade nas áreas sob processo de recuperação da salinidade e/ou da sodicidade ou de ambas simultaneamente (GOMES et al., 2000; SILVEIRA et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010).

Os tratamentos resultaram na diminuição da CEes avaliada após a lavagem do solo, nas camadas de 20-40 e de 40 – 60 cm (Figuras 1.13 e 1.14), em comparação ao solo antes da aplicação dos tratamentos e da lavagem. Por outro lado, verificam-se aumentos da salinidade do final da lavagem ao final do cultivo do girassol e redução do final do cultivo do girassol ao final do experimento depois do cultivo do arroz.

O aumento da CEes durante o cultivo do girassol devido a cultura não tolerar solo saturado (DOORENBOS & KASSAN, 1994), a irrigação foi feita por microaspersão e com a evaporação da água e a solubilização do gesso e das fontes orgânicas, a ausência de lâmina de lixiviação para retirada dos sais das respectivas camadas, o teor salino do solo foi elevado em comparação aos valores após a lavagem. Com o cultivo do arroz, o solo foi novamente submetido à inundação, dos 30 80 dias após o transplantio, e promoveu a lixiviação dos sais de ambas as camadas com reflexos positivos na redução da CEes em comparação com o solo antes da aplicação dos tratamentos e após o cultivo do girassol.

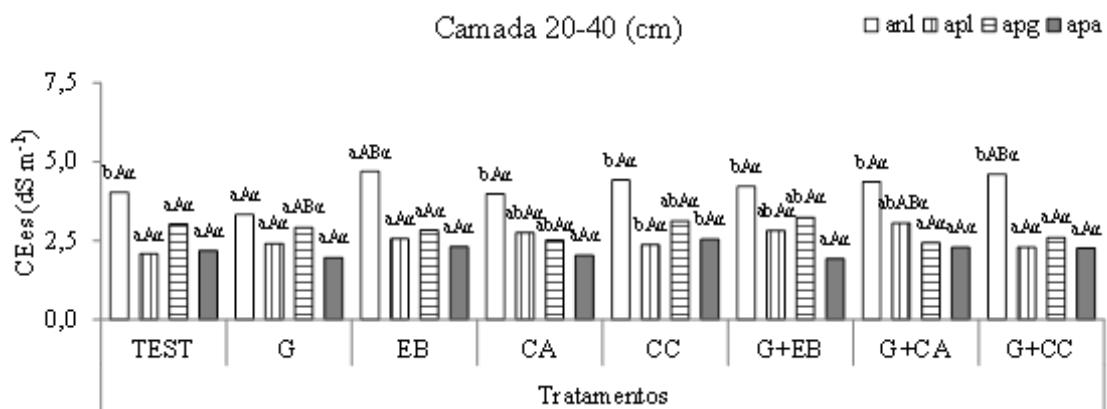


Figura 1.13. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada 20-40 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

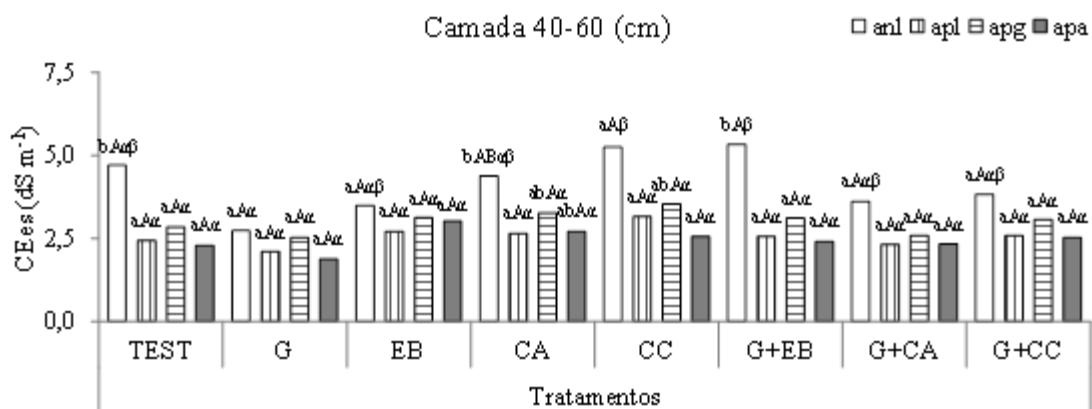


Figura 1.14. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada 20-40 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

Os valores de condutividade elétrica (CEes) inferiores a 4 dS m⁻¹, exceto nos tratamentos gesso, gesso mais esterco bovino, gesso mais casca de arroz e gesso mais casca de coco na camada de 0-20 cm, foram registrados em todas as camadas do solo após a lavagem e a pós o cultivo de cada cultura, mas sem definição significativa de qual o mais expressivo. Ao considerar as médias de 4,6, 4,2 e 4,1 dS m⁻¹ nas parcelas antes de iniciar o experimento (Tabela 1.8) e os valores, na grande maioria dos casos abaixo de 3 dS m⁻¹, constatam-se efeitos positivos da lavagem e dos respectivos tratamentos na lixiviação dos sais. Entretanto, essa afirmativa isolada não expressa segurança científica na correção da salinidade porque os solos salinizados estão simultaneamente submetidos aos efeitos degenerativos da salinidade - CEes e da sodicidade – PST (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; GHEYI et al., 1995; GOMES et al., 2000. CAVALCANTE et al, 2002; GHEYI et al., 2008; MIRANDA et al.; 2011; SÁ et al., 2013; SOUSA et al., 2014).

1.6.3. Percentagem de Sódio Trocável

Exceto o tratamento testemunha, todos os demais promoveram diminuição da percentagem de sódio trocável (PST), na camada de 0-20 cm, após a lavagem em relação aos valores antes da aplicação dos tratamentos (Figura 1.15). Os respectivos tratamentos elevaram a PST do final da lavagem para o final do cultivo de girassol e os menores valores foram registrado ao final do experimento, isto é, no período referente à colheita do girassol ao final do cultivo do arroz.

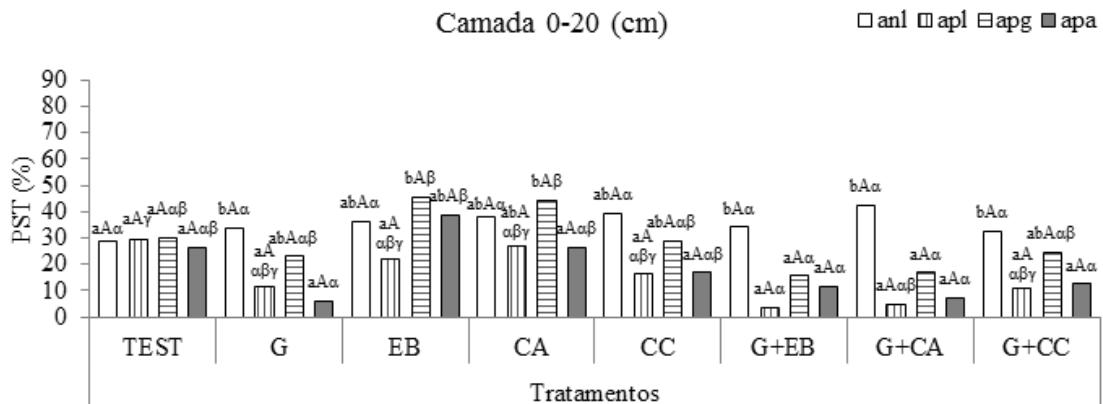


Figura 1.15. Percentagem de sódio tocável do solo na camada 0-20 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

O tratamento que mais reduziu a PST foi gesso + casca de arroz (G+CA), com diminuição de 84% em relação ao valor inicial, mas os tratamentos com gesso e gesso mais qualquer fonte orgânica superaram a testemunha e as fontes orgânicas aplicadas sem gesso agrícola (Tabela 1.4). Para Gheyi et al. (1995), Cavalcante et al. (2002), Gheyi et al. (2008), Miranda et al. (2011) essa redução da sodicidade é resposta da liberação de cálcio, pela solubilização do gesso e dos insumos orgânicos, para a substituição do sódio nos sítios de adsorção e deslocando para a solução do solo e ser lixiviado para as camadas subsequentes do solo.

Os tratamentos não exibiram diferenças significativas nos valores da percentagem de sódio trocável em cada uma das camadas de 20-40 e 40-60 cm (Figura 1.16 e 1.17) e entre as referidas mas, ao contrário da camada superficial (0-20 cm), constatam-se aumentos da sodicidade nas faixas mais profundas do solo, principalmente na faixa de 40-60 cm (Figura 1.17) superando inclusive o valor médio inicial de 77,4% (Tabela 1.4). Essa situação pode ser devido à baixa mobilidade do cálcio (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; LEITE et al., 2010) e a transferência do sódio, da camada superficial para as subsequentes, contribuindo para o aumento da PST (CAVALCANTE et al., 2002; GHEYI et al., 2008; GILL et al., 2009; SÁ et al., 2013; SOUSA et al., 2014).

Numa avaliação global constata-se que a lavagem isolada, isto é, sem gesso e sem nenhuma fonte orgânica, apesar de promover decréscimo na condutividade elétrica do extrato de saturação, em todas as camadas do solo (Figuras 1.12, 1.13 e 1.14), elevou a percentagem de sódio trocável na camada superficial 0-20 cm (Figura 1.16) e de 40-60 cm (Figura 1.17). Essa situação evidencia que a lavagem isolada de solo salino-sódico e sódico ao invés de exercer melhorias eleva o nível de sodicidade e agrava o problema, conforme comentado na literatura. A diminuição da CEes e aumento da PST indica que o grau de sodicidade está aumentando vez que, nessas condições, o caráter sódico aumenta de solo salino – sódico para sódico (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1978; TANJI, 1990; LACERDA et al., 2010; TAVARES et al., 2012).

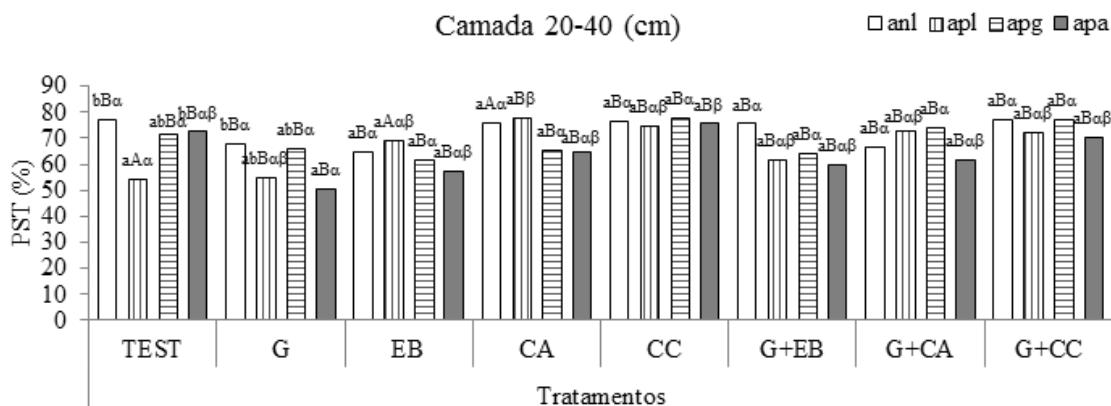


Figura 1.16- Percentagem de sódio tocável do solo na camada 20-40 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

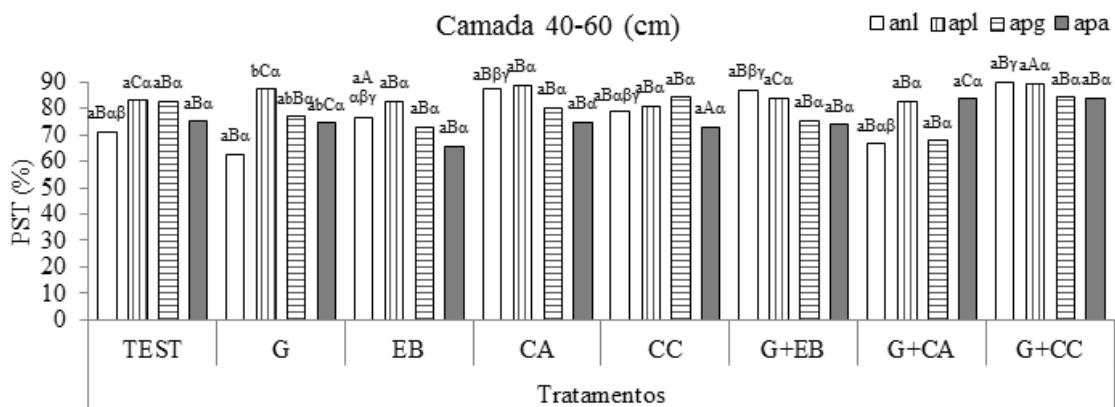


Figura 1.17. Percentagem de sódio tocável do solo na camada 40-60 cm nas diferentes épocas e tratamentos.

(anl = Antes da lavagem; apl = Após a lavagem; apg = Após cultivo de girassol; apa = Após cultivo do algodão. Test = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G+EB = Gesso + esterco bovino; G+CA = Gesso + casca de arroz; G+CC = Gesso + casca de coco. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas compararam as épocas no mesmo tratamento e profundidade; médias seguidas de mesmas letras maiúsculas compararam as profundidades no mesmo tratamento e época; médias seguidas de mesmas letras gregas compararam os tratamentos na mesma profundidade e época).

1.7. CONCLUSÕES

As maiores reduções de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e percentagem de sódio trocável foram obtidas na camada superficial do solo (0-20; cm)

Os tratamentos gesso e gesso + insumos orgânicos reduziram a salinidade e a sodicidade na camada superficial do solo, mas sem definição do tratamento mais eficiente;

A lavagem do solo sem gesso e sem nenhuma fonte orgânica reduz a salinidade mais aumenta a sodicidade, por isso não deve ser utilizada em solo salino – sódico;

Ao final do experimento, após o cultivo do arroz, os tratamentos com gesso associado a qualquer insumo orgânico transformaram o solo salino-sódico em solo não salino.

1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

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 de Curu - Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15. p.377-382, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 159p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem)

BARROS, M. F. C.; BEBÉ, F. V.; SANTOS, T. O. 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. 44-52. 2009.

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V.; 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 Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n. 1, p.59-64, 2004.

BENBOUALI, E. H.; HAMOUDI, S.A.A.; Larich, A. Short-term effect of organic residue incorporation on soil aggregate stability along gradient in salinity in the lower cheliff plain **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 2141–2152, 2013.

BENNETT, S. J.; BARRETT-LENNARD, E. G.; COLMER, T. D. Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.129, p. 349–360, 2009.

CAMPOS, V. B., CAVALCANTE, L. F., PRAZERES CAMPOS, S. S., GHEYI, H. R., CHAVES, L. H. G.; RESENDE P. J. L, MESQUITA, F. O. Esterco bovino líquido em

Luvissolo sódico: Resposta biométrica e produtiva do maracujazeiro amarelo. **Idesia**, v.29, n. 2, p 59-67, 2011.

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: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCTSAL, 2010. p. 426-448.

CAVALCANTE, L.F.; LIMA, R.L.S.; SANTIAGO, R.D.; CAVALCANTE, I.H.L.; ARAÚJO, F.A.R. Melhoria química e física de um solo salino sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. **Ciência Agrícola**, v. 6, n. 1, p 27-35. 2002.

CAVALCANTI, F. J. A. Arroz irrigado; In: CAVALCANTI, F. J. A. (Ed.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**. 3 ed. Revisada. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, p. 120, 2008. 212p.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.311-324, 2003

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL, 2010, p. 129-140.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. 2º Distrito de Engenharia Rural, 1997, sp. Mimeografado.

D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. F.; RAVI, S.; RUNYAN, C. W. Global desertification: Drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, v. 51, p. 326–344, 2013.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. J. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem 33).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2013. 412p.

ENPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Adubação da cultura do girassol**. Natal: Informativo técnico. 2009. 8p.

FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biosalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 181-203, 2010.

FERREIRA, V. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A.; AVANZI, J. C. Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião Campos das Vertentes, MG. **Geografia**, Rio Claro, v. 36, p. 209-219, 2011.

FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

GHARAIBEH, M. A.; ELTAIF, N. I.; SHUNNAR, O. F. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. **Journal Plant Nutrition and Soil Science**, v.172., p.713–719, 2009.

GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. de; BATISTA, M.A.F.; SANTOS, GILL, J. S.; SALE, P. W. G; TANG, C. Amelioration of dense sodic subsoil using organic amendments increases wheat yield more than using gypsum in a high rainfall zone of southern Australia. **Field Crops Research**, v.107. p.265-275, 2008

GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. de; BATISTA, M.A.F.; SANTOS, J.G.R. dos. Comparação de métodos na recuperação de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.173-178, 1995.

GILL, J. S., SALE, P. W. G., PERIES, R. R., TANG, C. Changes in soil physical properties and crop root growth in dense sodic subsoil following incorporation of organic amendments *Field Crops. Research*, v. 110, p. 137-146. 2009.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. DE FRANÇA. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.4. p. 355-361, 2000

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. L. A.; FERREIRA NETO, MIGUEL.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL. 2010.p. 43-61.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R.; Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL. 2010. p. 303-317.

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

LEITE, E. M., DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; RAIJ, H. G.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.

LIANG, Y. C.; SI, J.; NIKOLIC, M.; PENG, Y.; CHENG, W.; JIANG, Y. Organic manure stimulates biological activity barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry*, v.37, p.1185-1195, 2005.

LIMA, V. L. A.; FARIAS, M. S. S.; BORGES JÚNIOR, J. C. F. Drenagem para controle da salinidade e recuperação de áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL. p. 367-382, 2010..

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of biofertilizers application on improving wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance to salinity. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 4, p. 520-528, 2008.

MELLEK, J.E.; DIECKOW, J.; SILVA, V.L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M.; SOUZA, J.L.M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.110, n.1. p.69-76, 2010.

MEDEIROS, J. F. DE; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL. p. 279-299, 2010.

MELO R. M.; BARRO M. F.C.; SANTOS P. M., 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.

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M. de, SANTOS, K. C. F. dos; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. de. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.484–490, 2011

OLSEN, S. R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: Page, A. L. (Ed.) . **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2 ed. Madison: Soil Science Society of American, 1982. Cap. 24, p. 403-430.

PAIS, P. S. M.; SILVA, F. de F.; FERREIRA, D. M. Degradação Ambiental no Estado da Bahia: uma aplicação da análise multivariada. **Revista Geonordeste**, São Cristóvão, a. XXIII, n.1, p. 1-21, 2012.

PIZARRO, F. **Drenaje agricola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, 1978. 521p.

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.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL, 2010. p.63-81.

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, p. 11 - 19. 2010.

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. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.2. p.449- 484, 2009

RICHARDS, L. A. Physical condition of water. In. __ Black, C. A. (ed). **Method of soil analysis**. Madison: Américan Society of Agronomy, 1965.

RICHARDS, L. A. **Diagnostic and improvement of saline and alkali soils**. U. S. Dep. Agric. Handbook 60 Washington: U. S. Government Printing, Office, D. C., 1974. 160p.

SÁ, F. V. S., ARAUJO, J. L., NOVAES, M. C., SILVA, A. P., PEREIRA, F. H. F, & LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 388 – 396, 2013.

SANTOS, M. A.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G.; LINS , C. M. T.; SILVA , E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex*

numemularia e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 2, p.397-404, 2013.

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

SILVA JÚNIOR, TAVARES, R. C. MENDES FILHO, GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.378-382, 2009.

SILVA, C. M. M. de S; VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, P. R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1389-1396. 2008.

SILVEIRA, K.R. RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L.B.; HECK, R. J.; SILVEIRA, R. R. Gypsum saturated water to reclaimal luvial saline sodic and sodic soils. **Scientia Agrícola**, v. 65, n.1, p.69-76, 2008.

SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. L. B.; NEVES, A. L. R.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R. Yield of cotton/cowpea and sunflower/cowpea crop rotation systems during the reclamation process of a saline-sodic soil. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, 867-876, 2014.

TANJI, K. K. Nature and extent of agricultural salinity. In: **Agricultural salinity assessment and management**, ASCE manuals and reports on engineering practice: New York, 1990. 619p.

TAVARES FILHO, A. N.; BARROS, M. F. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.247-252, 2012.

CAPÍTULO – II

**CULTIVO DO GIRASSOL EM SOLO SALINO – SÓDICO TRATADO COM
GESSO AGRÍCOLA E INSUMOS ORGÂNICOS EM SÃO GONÇALO, SOUSA,
PARAÍBA**

PETRÔNIO DONATO DOS SANTOS

Orientador: prof. Dr. LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

AREIA – PB

FEVEREIRO – 2014

**Santos, P. D. Cultivo do girassol em solo salino – sódico tratado com gesso agrícola
e insumos orgânicos em São Gonçalo, Sousa, Paraíba.** Areia. 2014. p. 41 - 70. Tese

(Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

2.1. RESUMO: A salinidade induz a modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores. Contudo, a cultura do girassol, além de tolerante às condições semiáridas, promove melhorias na estrutura e fertilidade dos solos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o desempenho do cultivo de girassol cv. Embrapa 122/V-2000. O trabalho foi desenvolvido durante o período de 10/2011 e 02/2012, em São Gonçalo, Sousa-PB, na área anteriormente tratada com oito tratamentos (gesso, esterco bovino, casca de arroz, casca de coco, gesso + esterco bovino, gesso + casca de arroz e gesso + casca de coco, e tratamento testemunha) com quatro repetições. O solo foi caracterizado quimicamente antes e após o cultivo nas camadas 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm. As sementes de girassol foram semeadas com espaçamento de 1,0 x 0,6m, mantendo-se uma planta por cova após a emergência. Realizou-se aplicação de boro, adubação de fundação e cobertura (NPK) de acordo com os teores amostrados e a irrigação foi realizada por microaspersão. No girassol avaliou-se altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar e diâmetro de capítulo aos 60 dias; massa seca de caule, massa seca de folhas e massa de 100 sementes após a colheita. Os tratamentos com gesso agrícola e gesso mais cada um dos insumos orgânicos estimularam o crescimento em altura e área foliar das plantas, diâmetro de capítulo, massa seca de folhas e massa de sementes do girassol. A casca de arroz foi o tratamento de menor eficiência nos dados de crescimento, desenvolvimento e produção da cultura. Com exceção da massa seca do caule, o tratamento gesso exerceu eficiência semelhança ao aplicado com um condicionador orgânico nas demais avaliações.

Palavras chave: Condicionantes de solo, recuperação da sodicidade, girassol.

Santos, P. D. **Sunflower cultivation in sodic saline soil treated with agricultural gypsum and organic inputs in São Gonçalo, Sousa, Paraíba.** Areia. 2014. p. 41 - 70.

Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

2.1. ABSTRACT: Soil salinity induces morphological, structural and metabolic changes in higher plants. Yet, sunflower crops in addition to being tolerant to semi-arid conditions, promotes improvements in soil structure and fertility. The objective with this study was to evaluate the performance of the sunflower crop cv Embrapa 122/V-2000). The work was developed within the period of 10/2011 and 02/2012, in Perimeter Irrigate of São Gonçalo, Sousa municipality, Paraíba State, Brazil in the area previously treated with eight treatments (gypsum, bovine manure, rice husk, coconut husk, gypsum + bovine manure, gypsum + rice husk and gypsum + coconut husk, and control treatment) with four replications. The soil was chemically characterized before and after cultivation in the 0-20, 20-40 and 40-60 cm layers. The sunflower seeds were sown with a spacing of 1.0 x 0.6 m, maintaining one plant per pit after emergence. Boron application, foundation fertilization and cover (NPK) were performed according to the sampled contents and irrigation was performed by Micro Sprinklemicro sprinkler. At 60 days after planting were evaluate in sunflower plants the growth in plant height, stem diameter, leaf area and chapter diameter, dry stem mass, dry leaf mass and 100 seed mass were evaluated after harvest. The treatments with gypsum and gypsum plus each of the organic inputs stimulated the growth in height and leaf area of the plants, chapter diameter, leaf dry mass and sunflower seed mass. Rice husk was, in general, the lowest efficiency treatment in the growth, development and production of the crop. With the exception of dry stem mass, the gypsum treatment, when applied alone, demonstrated the same efficiency as when applied with an organic conditioner, in sunflower evaluations.

Key words: Soil conditioner, soil sodicity correction, sunflower.

2.3. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um problema de abrangência mundial, que ocorre sob várias intensidades, principalmente nas regiões áridas, semiáridas e sub úmidas, sendo resultante de vários fatores, entre os quais as variações climáticas e as atividades humanas (PEREIRA, 2008).

O excesso de sais solúveis em regiões áridas e/ou semiáridas está relacionado, a baixa precipitação pluvial, a presença de camadas impermeáveis, a elevada evapotranspiração e a ações antrópicas. Tais fatores contribuem para o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e/ou o aumento da percentagem de sódio trocável (sodicidade), interferindo no desenvolvimento normal da planta (RIBEIRO, 2010; MIRANDA et al., 2011).

Relativo à salinidade e a sodicidade do solo, estas são situações que ocorrem principalmente nas regiões áridas e semiáridas da terra, as quais se situam entre as latitudes 10° e 40°, em ambos os hemisférios, e perfazem aproximadamente 55% da área total afetada das terras do globo. Uma avaliação nessas áreas revela que os solos afetados por sais ocupam uma superfície de 952,2 milhões de hectares, constituindo 7% da área total das terras ou 33% dos solos potencialmente aráveis do mundo (GUPTA & ABROL, 1990; RIBEIRO et al., 2009).

Altos níveis de salinidade têm limitado a produção agrícola, sendo fator limitante para o crescimento e a produção de culturas. A salinidade induz a modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores (MUNNS, 2005; CONUS et al. 2009).

Na região Nordeste, o crescimento da população e a pressão econômica pela produção de alimentos tem resultado no aumento da área de solos degradados por salinidade e sodicidade. Tal aumento resulta da expansão das áreas irrigadas em terras marginais, do uso de águas salinas na irrigação, do manejo inadequado da água e do solo e da ausência de drenagem, com grandes prejuízos para a economia regional (RIBEIRO, 2010).

Assim, a adoção de práticas de manejo visando à sustentabilidade dos perímetros irrigados e o sucesso das técnicas de recuperação, uso e manejo dos solos salinos e sódicos estão na dependência do conhecimento da sua gênese e evolução bem como da execução de programas de obtenção e caracterização de variedades mais resistentes à salinidade (RIBEIRO, 2010).

No Brasil, a cultura do girassol (*Helianthus annus* L.) teve uma área cultivada na safra 2009/10 em torno de 71,0 mil hectares (CONAB, 2010). O maior Estado produtor foi o Mato Grosso com uma produção em torno de 41,7 mil toneladas, seguido do Estado de Goiás, com 15,9 mil toneladas. Apesar dos referidos estados serem os maiores produtores, a maior parte das plantações de girassóis estão distribuídas nas regiões Sul e Sudeste do país, de forma que a região Norte-Nordeste representa uma área promissora para a expansão desta cultura.

O girassol, além de tolerante às condições semiáridas, promove melhorias na estrutura e fertilidade dos solos. Suas sementes armazenam óleo de excelente qualidade, o que a torna bastante atrativa para a produção de biodiesel. Apresenta maior resistência à seca e a baixas temperaturas, e seu cultivo pode ser influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1997; MARTINS et al., 2005).

Diante do exposto, o trabalho objetivou avaliar o comportamento vegetativo e produtivo do girassol em um solo salino – sódico tratado com gesso agrícola, fontes orgânicas e lavagem contínua no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, Paraíba.

2.4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Gomes et al. (2005) quase 50% de toda área irrigada do mundo se encontram afetados por sais, nessas áreas a maioria desses solos localiza-se em regiões de clima árido e semiárido, onde a evapotranspiração supera o índice pluviométrico, não sendo suficiente para promover a lixiviação dos sais do ambiente radicular das plantas.

A salinidade induzida pelo homem é a que traz maiores prejuízos econômicos pois ocorre em áreas nas quais se realizou investimento de capital elevado, tais como sistemas de irrigação e fertilizantes. Tal salinidade induzida está geralmente associada ao manejo inadequado da irrigação e fertirrigação podendo ser causada pela baixa qualidade da água de irrigação quanto também pelo excesso de aplicação de fertilizantes ao solo (SOARES et al., 2010; SILVA et al., 2012).

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal (RIBEIRO et al., 2009). No entanto, o problema da salinidade nos solos agricultáveis está relacionado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o desenvolvimento vegetal desde a

germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (FARIAS, 2008).

O excesso de sais de sódio, além de trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo, provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas provocando sérios prejuízos à atividade agrícola (CAVALCANTE et al., 2010). Contudo, o grau ou a concentração de sais que determinam essa redução varia com a espécie, podendo esse fato estar relacionado com a tolerância de cada espécie à salinidade (FERREIRA et al., 2001).

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica causada pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar a pressão osmótica e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (DIAS & BLANCO, 2010).

Contudo, a cultura do girassol vem ganhando destaque nas pesquisas relacionadas com salinidade, a exemplo vários trabalhos com águas de qualidade inferior para irrigação (OLIVEIRA et al., 2010; NOBRE et al., 2010; CAMPOS et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011; SANTOS JÚNIOR et al., 2011), devido sua relevância para produção de óleo comestível, biodiesel e material ornamental. No ramo da floricultura, segundo

Algumas espécies vegetais apresentam mecanismos que lhes permitem sobreviver em ambientes altamente salinos. A sobrevivência nestes ambientes pode resultar em processos adaptativos que envolvem absorção, transporte e distribuição de íons em vários órgãos da planta (FARIAS et al., 2009).

Quanto aos efeitos da salinidade, Ayers & Westcot (1999) classificam o girassol como planta moderadamente sensível aos sais.

2.5. MATERIAL E MÉTODOS

2.5.1. Localização e clima

O trabalho foi desenvolvido numa área anteriormente trabalhada na recuperação dos problemas de sais e sódio trocável, do setor de fruticultura, do Instituto Federal da Paraíba, IFPB, área experimental do IFPB, localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, Paraíba, inserido na microrregião do Vale do Rio Piranhas, numa altitude média de 235 m localizado pelas coordenadas geográficas: latitude sul 6° 50' e longitude 38° 19' a oeste do meridiano de Greenwich. Esta etapa do trabalho foi desenvolvida no período de outubro de 2011 a fevereiro de 2012.

As variáveis climáticas durante a realização do experimento, nos anos 2011 e 2012, estão contidas na Tabela 1.2 no Cap.1.

2.5.2. Caracterização do solo

O solo da área experimental é um Luvissolo Crômico (EMBRAPA 2006A) e com relação a salinidade classifica-se como salino-sódico (RICHARDS 1974). A caracterização do solo quanto a alcalinidade (pH) foi obtida por meio dos valores de pHs (pH da pasta de saturação); A salinidade obtida pela CEes (Condutividade elétrica do extrato de saturação) e a sodicidade PST (percentagem de sódio trocável), obedeceu os critérios da metodologia de Richards (1974) para solos salino-sódicos, como indicado no capítulo I.

Após o período de lavagem do solo foram coletadas nas camadas de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, oito amostras simples por tratamento, conforme critério adotado para a caracterização química inicial, apresentado no capítulo I, cujo resultados estão indicados na tabela (2.1). A caracterização física (Tabela 1.3 Cap.1) constou da determinação da densidade do solo pelo método do torrão parafinado, densidade de partículas pelo método da água fervente em balão volumétrico, porosidade total (Pt) pela relação $[Pt = (1 - da/dp)100]$, em que: da = densidade aparente; dp = densidade de partículas. Para avaliação da textura das frações areia, silte e argila conforme Richards (1974).

Tabela 2.1. Caracterização química do solo, antes do plantio do girassol, nas profundidades 0 – 20, 20 – 40, e 40 – 60 cm do solo.

Tratamentos	Profundidade (cm) 0 - 20					
	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	CEes (dS m ⁻¹)	PST (%)	pH	Classe
T	1,8	1,9	4,2	29,8	8,0	S. Sódico
G	2,7	4,9	4,4	23,1	7,8	S. Sódico
EB	4,6	2,8	3,5	45,3	8,1	Sódico
CA	3,1	2,0	3,3	44,4	7,9	Sódico
CC	2,1	2,3	2,8	28,7	8,4	Sódico
G+EB	0,5	3,6	2,9	15,6	7,4	Sódico
G+CA	1,1	5,2	2,6	16,7	7,6	Sódico
G+CC	1,8	3,8	4,0	24,5	7,3	S. Sódico
Média	2,2	3,3	3,5	28,5	7,81	Sódico
Profundidade (cm) 20 – 40						
T	7,9	1,2	3,0	71,5	9,0	Sódico
G	6,9	1,8	2,9	66,0	8,8	Sódico
EB	9,4	2,4	2,8	61,6	8,8	Sódico
CA	8,2	1,9	2,5	65,7	8,9	Sódico
CC	11,4	1,6	3,1	77,7	9,0	Sódico
G+EB	8,4	2,1	3,2	64,6	8,7	Sódico
G+CA	8,4	1,6	2,4	74,4	8,4	Sódico
G+CC	11,1	1,6	2,6	77,3	8,9	Sódico
Média	8,96	1,8	2,81	69,85	8,8	Sódico
Profundidade (cm) 40 – 60						
T	12,1	1,4	2,8	82,7	9,4	Sódico
G	9,6	1,4	2,5	76,8	9,1	Sódico
EB	11,1	2,3	3,1	72,6	9,1	Sódico
CA	10,6	1,4	3,3	80,1	9,3	Sódico
CC	12,5	0,9	3,5	84,0	9,2	Sódico
G+EB	10,8	1,5	3,1	75,1	9,2	Sódico
G+CA	10,0	1,1	2,6	67,7	8,6	Sódico
G+CC	12,7	1,1	3,1	84,0	9,6	Sódico
Média	11,2	1,4	3,0	77,9	9,2	Sódico

T- testemunha; G- gesso agrícola; EB- esterco bovino; CA- casca de arroz; CC- casca de coco; G+EB- gesso + esterco bovino; G+CA- gesso + casca de arroz; G+CC- gesso + casca de coco.

2.5.3. Preparo da área para plantio

Após a coleta das amostras de solo para caracterização química da área, deu-se início o preparo do solo para semeio das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Embrapa 122/V-2000).

2.5.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com oito tratamentos distribuídos em parcelas de 7,5 m x 7,0 m correspondentes 52,5 m² de área, em quatro repetições, referentes a testemunha (T) (sem nenhum insumo), gesso agrícola (G), esterco bovino (EB), casca de arroz (CA), casca de coco (CC), gesso + esterco bovino (G+EB), gesso + casca de arroz (G+CA) e gesso + casca de coco (G+CC).

A caracterização química do gesso agrícola, insumos orgânicos aplicados ao solo antes da lavagem contínua e da água de irrigação das plantas podem ser verificados nas tabelas 1.5, 1.6 e 1.7 do Cap - I, respectivamente.

2.5.6. Adubação

Para o plantio do girassol, foi realizada a adubação de fundação e de cobertura de acordo com os teores médios para cada tratamento, em fósforo (P) e potássio (K), baseada na análise do solo (Tabela 2.2) e na recomendação de adubação para a cultura do girassol (QUAGGIO et al., 1997).

Tabela 2.2. Teores médios dos elementos Fósforo (P) e Potássio na camada 0 - 20 cm, antes do plantio do girassol, para cada tratamento.

	Tratamentos							
	T	G	EB	CA	CC	G+EB	G+CA	G+CC
P(mg dm ⁻³)	54	12,5	21,5	13	16,5	32,7	39,25	12,2
K(cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4

Testemunha (T), gesso(G), esterco bovino(EB), casca de arroz(CA), casca de coco(CC), gesso + esterco bovino(G+EB), gesso + casca de arroz(G+CA) e gesso + casca de coco(G+CC).

A adubação fosfatada (P) foi realizada de uma única vez em fundação, utilizando super fosfato triplo (44 e 14% de P₂O₅ e Ca⁺⁺), respectivamente, juntamente com metade da dose nitrogênio (N) e potássio (K), usando as uréia com 45% de nitrogênio como fonte de N e nitrato de potássio, como fonte de K (44 e 12% de K e N), respectivamente, descontando na uréia, o teor de N existente no nitrato de K.

A segunda metade da adubação com N e K foi realizada 30 dias após a emergência das plantas.

O boro foi fornecido em fundação, na proporção de 2 kg ha⁻¹, utilizando ácido bórico conforme sugestão de Cavalcanti (2008).

2.5.7. Instalação do sistema de irrigação da cultura

Na irrigação do girassol foi utilizado um sistema de irrigação por microaspersão, com os microaspersores distribuídos nas distâncias de 4 x 4 m, com vasão de 70 L h⁻¹. A água utilizada na irrigação teve origem do poço amazonas (Tabela 1.7 Cap - 1) próximo da área experimental.

2.5.8. Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado para montagem do trabalho foi em blocos ao acaso com 7 tratamentos + testemunha com 4 repetições, sendo estes: testemunha(T) (sem nenhum insumo), gesso agrícola(G), esterco bovino(EB), casca de arroz(CA), casca de coco(CC), gesso + esterco bovino(G+EB), gesso + casca de arroz(G+CA) e gesso + casca de coco(G+CC).

Esses tratamentos foram os mesmos aplicados antes do período de lavagem.

2.5.9. Semeadura do girassol

O cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) foi feito no espaçamento de 1 m x 0,6 m, com 3 sementes da cultivar Embrapa 122/V-2000. Conforme Embrapa (2006B), essa cultivar destaca-se pela precocidade (ciclo de 100 dias), produtividade (em média, 1.800 kg ha⁻¹) e teor de óleo de 420 g/kg⁻¹ de sementes.

2.5.10. Condução do Cultivo

Após a emergência das plântulas, foi realizado o raleio aos 20 dias após a semeadura, mantendo-se a planta mais vigorosa por cova.

O controle das ervas invasoras foi realizado quinzenalmente com capina manual, evitou-se o uso de herbicidas.

2.5.11. Irrigação da Cultura

As irrigações foram realizadas diariamente utilizando os dados de evaporação local (Tabela 1.2) com base no coeficiente de cultura (kc), como indicado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Coeficiente de cultivo para a cultura do girassol. (DOORENBOS & PRUITT, 1997)

Fase vegetativa	Duração (dias)	kc*
Inicial	28	0,6
D. Vegetativo	15	0,95
Floração	27	1,09
M. Fisiológica	20	0,69

No momento em que as plantas atingiram o estádio de maturação fisiológica dos aquêniós, ou seja, quando estes se apresentavam com massa dura (Silva et al., 2007), fez-se a suspensão da irrigação. De acordo com Connor & Hall (1997), esse estádio fenológico é denominado "R9", cujo capítulo se encontra inclinado para baixo, com dorso e brácteas de cor entre amarelo e castanho.

2.5.12. Coleta dos dados de cultivo

As variáveis avaliadas durante o desenvolvimento do girassol foram coletadas aos sessenta dias após o plantio e os dados de produção obtidos após a colheita, realizada aos 100 dias, sendo as variáveis: altura de plantas (AP; do solo ao topo da planta), diâmetro do caule (DC; medido na altura do colo da planta), área foliar (AF; de acordo com Maldaner et al. (2009), diâmetro de capítulo (DCP), massa seca de caule (MSC), massa seca das folhas(MSF), massa 100 sementes (M100S).

Dez dias após a suspensão da irrigação, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e em seguida, separadas as distintas partes (caule, folha e capítulo) e acondicionadas em sacos de papel, os quais foram posteriormente conduzidos à estufa com circulação de ar, a 65 °C, até massa constante, para determinação da massa seca das partes aéreas das plantas. Os aquêniós de cada capítulo foram debulhados manualmente.

Tabela 2.4. Caracterização do solo, após a cultura do girassol, de acordo com as parcelas experimentais nas profundidades 0 – 20, 20 – 40, e 40 – 60 cm do solo.

Tratamentos	Profundidade 0 - 20 cm					
	Na⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Ca²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	CEes (dS m ⁻¹)	PST(%)	pH	Classe
T	2,0	4,4	1,6	29,3	8,3	Sódico
G	2,6	12,4	4,3	11,6	7,8	Salino
EB	3,0	7,7	2,5	22,0	8,0	Sódico
CA	3,8	6,7	2,5	27,1	8,1	Sódico
CC	2,4	6,5	2,3	16,6	8,2	Sódico
G+EB	0,3	13,4	5,0	3,4	7,4	Salino
G+CA	0,7	13,0	4,4	4,7	7,6	Salino
G+CC	1,5	14,5	4,8	10,6	7,9	Salino
Média	2,0	9,8	3,4	15,7	7,9	Sódico
Profundidade 20 – 40 cm						
T	5,6	1,7	2,1	54,5	9,1	Sódico
G	9,3	2,8	2,4	55,3	9,0	Sódico
EB	10,4	2,2	2,6	69,2	8,7	Sódico
CA	9,1	1,4	2,7	77,8	9,0	Sódico
CC	10,2	2,0	2,4	74,9	9,2	Sódico
G+EB	7,8	2,1	2,8	62,1	8,9	Sódico
G+CA	9,2	1,8	3,1	73,0	8,9	Sódico
G+CC	11,4	2,2	2,3	72,6	9,1	Sódico
Média	9,1	2,0	2,5	67,4	9,0	Sódico
Profundidade 40 – 60 cm						
T	11,1	0,7	2,4	82,7	9,4	Sódico
G	11,2	0,6	2,1	87,2	9,3	Sódico
EB	9,3	0,9	2,7	82,5	9,1	Sódico
CA	11,2	0,4	2,6	88,6	9,3	Sódico
CC	8,6	0,7	3,2	80,8	9,2	Sódico
G+EB	10,7	0,3	2,6	83,8	9,3	Sódico
G+CA	9,1	0,7	2,3	82,4	9,2	Sódico
G+CC	12,19	0,6	2,5	89,1	9,1	Sódico
Média	10,4	0,6	2,6	84,6	9,2	Sódico

T- testemunha; G- gesso agrícola; EB- esterco bovino; CA- casca de arroz; CC- casca de coco; G+EB- gesso + esterco bovino; G+CA- gesso + casca de arroz; G+CC- gesso + casca de coco.

2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2.5. Resumo das análises de variância, com base no quadrado médio, referentes à altura de plantas, diâmetro de caule, área folear, diâmetro de capítulo, massa de capítulo, massa de 100 sementes, massa seca de folhas e massa seca de capítulo do girassol.

Fonte de variação	GL	AP	DC	AF	DCP	MSF	M100S	MSC
Bloco	7	0,03ns	0,004ns	90,61ns	0,32ns	117,03ns	0,37ns	2765,85ns
Trat.	3	0,92**	0,025**	2577,44**	37,46**	18125,63**	5,01**	24245,33**
Resíduo	21	0,10	0,006	272,44	2,38	718,60	0,35	1486,56
CV(%)	-	19,53	29,68	35,75	12,88	22,03	9,05	27,62
Dms	-	0,77	0,18	39,15	3,66	63,60	1,41	91,47

ns, ** e * = Não significativo; Respectivamente significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; CV = Coeficiente de variação; dms = diferença mínima significativa. GL=grau de liberdade; AP=altura de plantas; DC=diâmetro de caule; AF=área folear; DCP=diâmetro de capítulo; MSF=massa seca de folhas; M100S=massa de 100 sementes; MSC=massa seca de caule. Trat=tratamento

O crescimento das plantas foi influenciado significativamente pelos tratamentos aplicados ao solo conforme verifica-se na Figura (2.1). Apesar de não diferir significativamente dos tratamentos gesso, esterco bovino e gesso com insumos orgânicos, o maior crescimento das plantas ocorreu no tratamento gesso com casca de coco. O menor crescimento em altura ocorreu ao utilizar a casca de arroz, assemelhando-se estatisticamente ao tratamento controle, seguido do tratamento com casca de coco. Ao avaliar a salinidade da água de irrigação em girassol Nobre et al. (2010) afirmam que a condutividade elétrica a partir de 0,5 (dS m⁻¹), inibe o desenvolvimento da cultura.

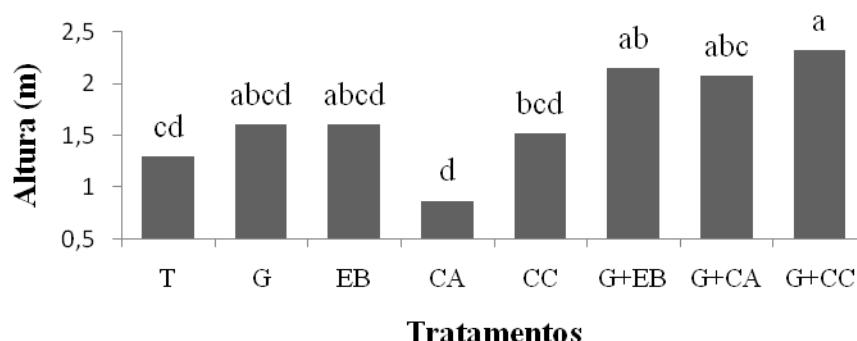


Figura 2.1. Altura de plantas de girassol, em função dos tratamentos.

O melhor desempenho da cultura nos tratamentos com gesso e no esterco bovino isolado está diretamente relacionado ao teor de cálcio na camada 0 – 20 cm do solo (Tabela 2.1) proporcionado pelos corretivos. Leite et al. (2010) e Sousa et al. (2012), ao acompanharem o desenvolvimento de espécies arbóreas e espécies nativas da caatinga, respectivamente, com aplicação de gesso em solos com problemas de salinidade e sodicidade obtiveram resultados semelhantes aos do presente trabalho. A aplicação de corretivo como o gesso, em solos salinizados, seguida da aplicação de uma lâmina de lixiviação, em geral proporciona alterações nos seus atributos químicos favoráveis ao crescimento vegetal (VITAL et al., 2005). Essas alterações envolvem em geral, diminuição da condutividade elétrica da solução do solo e dos teores de sódio trocável que é substituído pelo cálcio no complexo sortivo (LEITE et al., 2007), conforme Tabela 1.4 (Cap - I) e Tabela 2.1, referentes os valores antes e após a lavagem do solo com redução de 43,6 e 23,9 %, respectivamente para sódio trocável e condutividade elétrica do extrato de saturação na camada de 0 – 20 cm.

Exceto a superioridade do tratamento gesso mais esterco bovino (G + EB) sobre a testemunha T) e casca de arroz (CA), os demais tratamentos não diferiram quanto aos efeitos no crescimento das plantas pelo diâmetro caulinar (Figura 2.2).

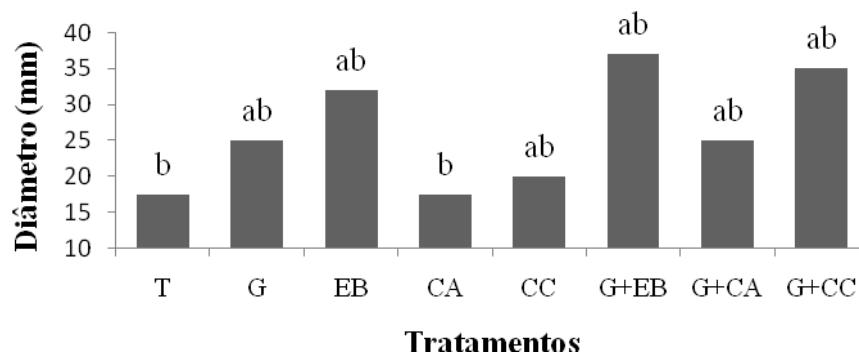


Figura 2.2. Diâmetro de caule (mm) das plantas de girassol nos diferentes tratamentos.

Os tratamentos testemunha e casca de arroz, mesmo sendo os menos eficientes nesta avaliação e sem diferenciar dos demais, apresentaram teor de cálcio no solo com níveis de 1,9 e 2,0 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo os menores valores determinados para o elemento (Tabela 2.1) e de condutividade elétrica de 4,2 e 3,3 (dS m^{-1}) na camada 0 – 20 cm. Quanto à condutividade elétrica Ayers & Westcot (1999) classificam o girassol

como planta moderadamente sensível. Para Leonardo et al. (2007), em condições salinas ocorre a redução da disponibilidade de água às plantas em resposta à diminuição do potencial total da água no solo, assim, a salinidade provoca um maior gasto de energia para a absorção da mesma e consequentemente, reduz o desenvolvimento.

Os valores de pH no solo (Tabela 2.1) foram 8,0 e 7,9, respectivamente, para testemunha e casca de arroz, considerados alcalinos, influenciando negativamente na disponibilidade de nutrientes pra cultura (LEITE et al., 2010).

Em trabalho com tomateiro - *Lycopersicon esculentum*, alface - *Lactuca sativa*, e grama bermuda - *Cynodon dactylon*, Malavolta (1985) relatou que avaliando desenvolvimento em substrato com pH em valores extremos, as plantas morreram ou apresentaram acentuada redução no crescimento, atribuindo este fato às limitações de disponibilidade dos elementos de acordo com as faixas de pH, podendo ter relação direta aos resultados aqui encontrados.

Os resultados apresentados na Figura 2.3, expressam a significância na avaliação da área foliar (cm^2) das plantas de girassol para os diferentes tratamentos. Os tratamentos gesso e gesso mais insumos orgânicos, superam, significativamente, os demais tratamentos. Contudo, o tratamento esterco bovino, foi inferior quando comparado com os tratamentos com gesso, mas superou os tratamentos casca de arroz e testemunha.

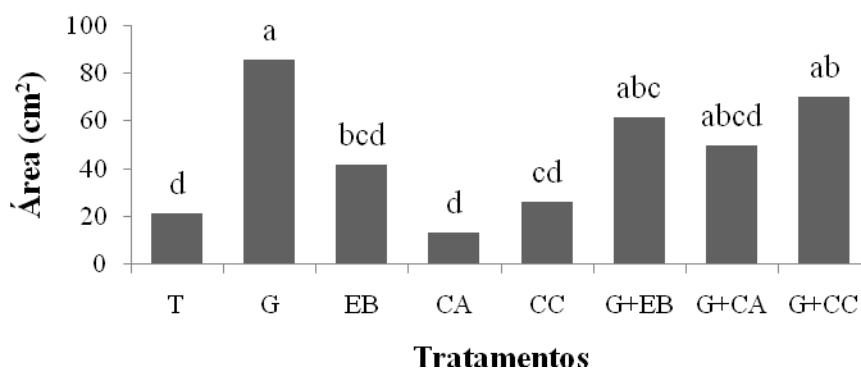


Figura 2.3. Área foliar das plantas de girassol, em função dos tratamentos.

Os resultado exibem comportamento semelhante ao verificado no diâmetro do caule (Figura 2.2) e pode ser resposta da menor eficiência dos tratamentos orgânicos quanto ao baixo teor de cálcio trocável no complexo sortivo do solo, proporcionado pela composição do insumo (Tabela 1.6 Cap - 1), podendo ainda ser atribuído ao insuficiente

tempo de decomposição e disponibilização dos elementos contidos no material, além do teor de sódio trocável em concentração elevada para o tratamento casca de coco (Tabela 2.1).

Do mesmo modo, atribui-se os melhores resultados ao maior teor de cálcio no solo e menor teor de sódio trocável pra os demais tratamentos, exceto o esterco bovino. Neste sentido, constata-se que além do efeito tóxico direto do sódio interferindo no metabolismo vegetal, a ação negativa também se expressa pela inibição competitiva com íons como o cálcio, magnésio e potássio, diminuindo sua absorção, principalmente do último (MENGEL & KIRKBY, 2001; TAIZ & ZEIGER, 2004) e em consequência exercendo inibição no crescimento.

Conforme Bosco et al. (2009) plantas cultivadas sob salinidade, em geral, absorvem menos nitrogênio enquanto que os níveis de Cl^- absorvidos e acumulados são mais elevados. Travassos et al. (2009) estudando o crescimento inicial de girassol cv. Embrapa 122/V-2000 sob CE da água variando de 1 a 5 dS m^{-1} constataram, aos 28 dias após o semeio, decréscimo linear do número de folhas com o aumento da salinidade das águas.

O diâmetro de capítulo respondeu significativamente aos efeitos dos tratamentos. O tratamento gesso exerceu desempenho semelhante ao gesso mais esterco bovino e gesso mais casca de coco. Apesar de apresentarem os resultados menos eficientes, os tratamentos casca de arroz e casca de coco mostraram significância equivalente aos tratamentos constituídos por esterco bovino, gesso mais casca de arroz e o tratamento controle (Figura 2.4).

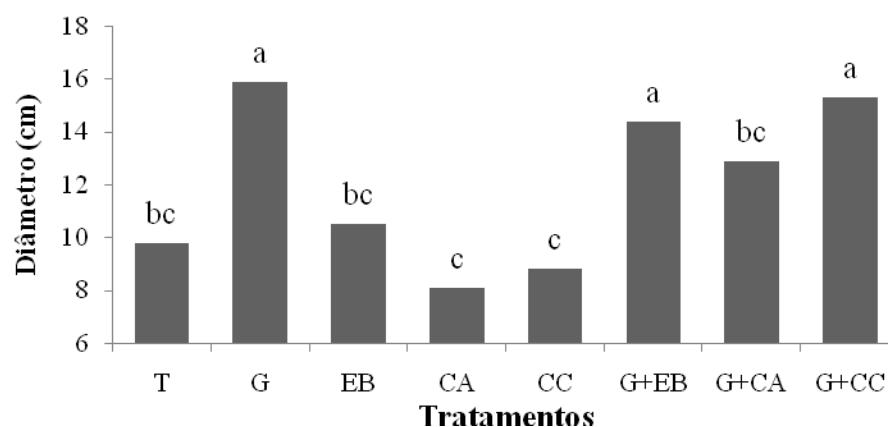


Figura 2.4. Diâmetro de capítulo das plantas de girassol, em função dos tratamentos.

Os mais baixos valores do diâmetro do capítulo relativos aos tratamentos casca de arroz e casca de coco, apesar das menores condutividade elétrica do extrato de saturação - CEes - 3,3 e 2,8 dS m⁻¹, podem ser devido aos mais elevados valores de pH (Tabela 2.1). Os tratamentos testemunha, esterco bovino e gesso mais casca de arroz apresentaram valor de CE 4,2; 3,5 e 2,6 (dS m⁻¹), respectivamente, estando diretamente ligados ao resultado encontrado na avaliação deste atributo. Ao trabalhar com girassol em substrato orgânico irrigado com solução salina Santos Júnior et al. (2011) verificou relação direta na redução do diâmetro de capítulo na proporção de -6,6% por incremento unitário da CE.

Os tratamentos de maior significância estatística apesar de apresentarem na avaliação da condição salina do solo valores 4,4; 2,9 e 4,0 (dS m⁻¹), considerados elevados (RICHARDS, 1974), respectivamente para gesso, gesso mais esterco bovino e gesso mais casca de coco, os respectivos tratamentos também apresentaram maiores teores de cálcio no complexo de troca do solo, com valores de 4,9; 3,6 e 3,8 (cmol_c dm⁻³); quanto ao pH os supracitados tratamentos foram proporcionando os menores valores dessa variável (Tabela 2.1). O emprego do gesso associado aos insumos orgânicos deve ser destacado pelo fato do incremento de matéria orgânica em solos afetados pela salinidade exercer melhoria física do solo para aumentar a lixiviação e diminui o acúmulo de sais no solo (KHAN et al., 2010).

A matéria orgânica conforme Richards (1974) pode elevar a capacidade de troca de cátions e reduzir o teor de sódio do solo. Além disso, a matéria orgânica por ser fonte de carbono constitui um componente essencial do solo disponibiliza energia para os microrganismos, atua na estabilidade dos agregados, diminui o risco de erosão, contribui para o crescimento das plantas, eleva a capacidade do solo em armazenar água, ar e nutrientes (COOPERBAND, 2002; BOT & BENITES, 2005).

A avaliação estatística realizada pra massa seca de caule indicou forte influência dos tratamentos aplicados ao solo e suas influências na planta, apresentando significância entre tratamentos (Figura 2.5).

O tratamento gesso mais casca de coco, apresentou resultado de maior significância, seguido do tratamento gesso mais esterco bovino e por conseguinte, dos tratamentos gesso mais casca de arroz e gesso apenas, sendo os dois últimos semelhantes estatisticamente. Os tratamentos testemunha, esterco bovino e casca

de coco apresentaram-se menos eficientes que os demais, sendo superior apenas ao tratamento que recebeu casca de arroz que apresentou o resultado de menor expressividade nesta avaliação.

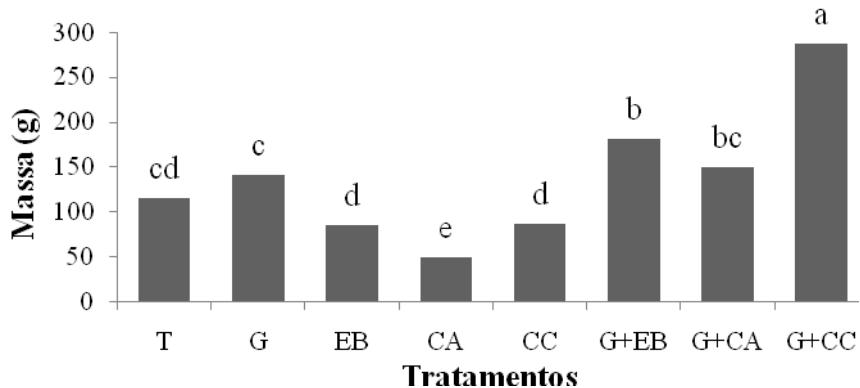


Figura 2.5. Massa seca de caule das plantas de girassol nos diferentes tratamentos.

O resultado alcançado pelo tratamento com gesso mais casca de coco é atribuído ao valor de $\text{pH} = 7,3$ verificado no momento do cultivo (tabela depois), além desse atributo, destaca-se ainda o teor de cálcio trocável no solo $3,8 \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Por outro lado o valor de condutividade elétrica indica condição salina do solo (Tabela 2.4) (RICHARDS, 1974), o que não impediu deste tratamento apresentar o melhor desempenho.

Por apresentar pH mais próximo da faixa de neutralidade a disponibilidade de nutrientes foi diretamente influenciada neste aspecto. Segundo Gomes de Sousa et al. (2007) a faixa de maior disponibilidade está entre 6,0 e 6,5, sendo considerado pH neutro.

Os tratamentos gesso mais esterco bovino e gesso mais casca de arroz, apresentaram eficiência inferior apenas ao tratamento gesso mais casca de coco. Os dois tratamentos apresentaram também valor de pH (7,4 e 7,6) consideravelmente mais próximos da neutralidade, comparado aos demais valores e considerável teor de cálcio trocável $3,6$ e $5,2 \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), além dos menores valores de percentagem de sódio trocável verificados no solo (15,6 e 16,7 %), que apesar destes valores, conferem ao solo condição sódica (RICHARDS, 1974).

O tratamento de menor eficiência na massa seca de caule foi a casca de arroz; com alcalinidade elevada apresentando valor 7,9 (Tabela 2.1), apresentou também uma condutividade elétrica no extrato do solo com valor de $3,3 \text{ (dS m}^{-1}$), teor de cálcio

trocável de 2,0 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) considerado médio e um teor de sódio 3,1 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no complexo sortivo, considerado muito alto. Santos Júnior et al. (2010) ao trabalharem com níveis de salinidade na água de irrigação perceberam redução da massa seca de caule à medida que se elevou o nível salino, de modo que na menor faixa de salinidade ($4,3 \text{ dS m}^{-1}$) apresentou um decréscimo de produção em massa de 45% em relação ao tratamento controle, evidenciando o efeito dos sais na solução do solo.

Em solos salinos as plantas são adversamente afetadas pela baixa absorção de água pelas raízes devido ao efeito do potencial osmótico e quando a salinidade é dada principalmente por cloreto de sódio afeta a produtividade vegetal (TAIZ & ZAIGER, 2004).

Os insumos aplicados ao solo exercearam efeito significativo na massa seca de folhas (Figura 2.6). A maior produção da matéria seca ocorreu no tratamento com gesso agrícola que exerceu efeito semelhante ao gesso mais casca de coco. O resultado obtido com o uso do gesso + esterco bovino assemelha-se estatisticamente ao tratamento gesso mais casca de coco, e se sobrepõe aos tratamentos constituídos apenas pelos insumos orgânicos e testemunha.

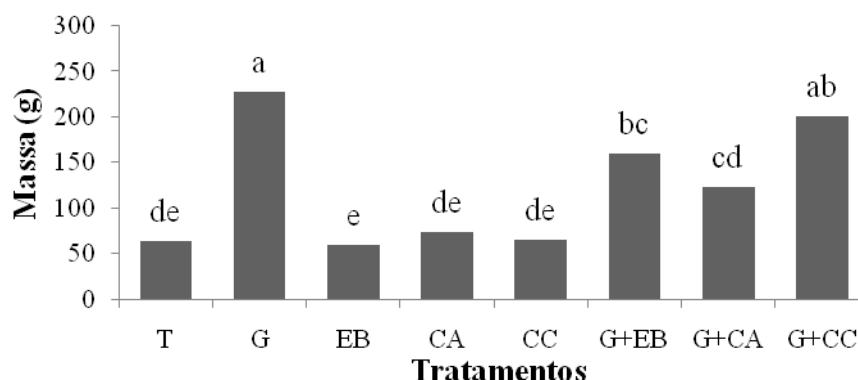


Figura 2.6. Massa seca de folhas das plantas de girassol nos diferentes tratamentos.

Os tratamentos relativos aos insumos orgânicos e testemunha não diferiram estatisticamente entre si. A produção de massa seca de folhas, exceto no tratamento gesso mais casca de arroz, está em coerência com o maior teor de cálcio e o menor de sódio trocável no solo (Tabela 2.1). Essas situações assemelham-se aos resultados por (Miranda et al. (2002); Ferreira et al. (2007) e Turan et al. (2009) em solos submetidos a correção da salinidade e sodicidade.

Bonacin (2002), estudando o crescimento de plantas, produção e características das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Embrapa 122-V2000) em situação

salina, observou decréscimo no número de folhas verdes, durante as avaliações, caracterizando a fase final da maturação com a senescência e a perda de folhas, e a consequente inibição da fitomassa fresca e seca das folhas, semelhante aos resultados do presente estudo.

Os tratamentos exerceiram efeito significativos na formação de massa de sementes do girassol cultivado no solo após a lavagem continua durante 50 dias, como indicado para a massa de 100 sementes da cultura (Figura 2.7).

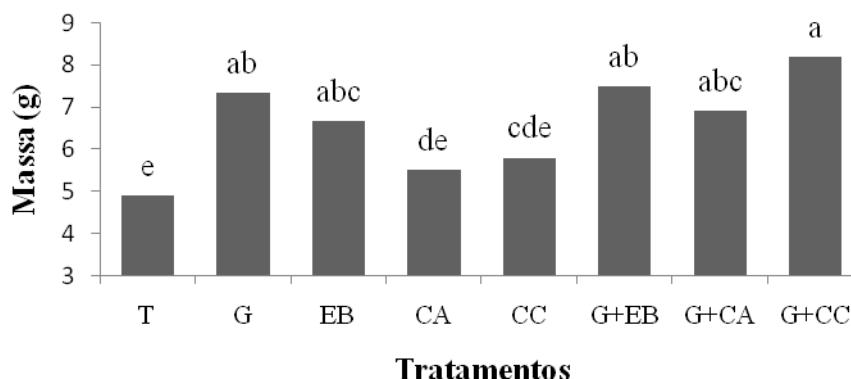


Figura 2.7. Massa de 100 sementes de girassol, em função dos tratamentos.

Apesar do maior valor absoluto do tratamento gesso mais casca de coco não diferiu de gesso, esterco bovino, gesso mais esterco bovino e gesso mais casca de arroz. Pelos resultados constata-se que a utilização do gesso agrícola exerce ação diferenciada deve elevar a produção quando fornecido isoladamente e associado aos insumos orgânicos, principalmente com casca de coco. Esta afirmação está em acordo com os maiores teores de cálcio trocável no solo nos referidos tratamentos (Tabela 2.4). Além dos maiores teores de cálcio esses tratamentos induziram aos menores valores de pH e as mais baixas percentagem de sódio trocável do solo (Tabela 2.4). Segundo Ribeiro et al. (2003), a redução do teor de sódio trocável resulta em dispersão de argila contribuindo para mais espaço poroso à dinâmica de água e nutrientes e, com efeito no crescimento de raízes e produção das plantas.

Braz & Rossetto (2009) ao cultivarem girassol cv. Enbrapa122/V-2000 em Planossolo obtiveram 5,36 g para a massa de 100 aquênios resultados inferiores à de 8,20 g dos dados em apreço. A comparação entre a estimativa da massa de aquênios favorece a avaliação dos níveis de produtividade do ponto de vista de óleo extraído dos

aquêniós, uma vez que segundo Grando (2005), a semente do girassol contém entre e 40 a 55% de óleo, dependendo do material biológico e das condições ambientais.

Os tratamentos com menor desempenho foram testemunha, casca de arroz e casca de coco comparados aos demais (Figura 2.7). O tratamento esterco bovino, apresentou valores de 8,1; 3,5 e 4,6 para pH, condutividade elétrica ($dS\ m^{-1}$) e teor de sódio trocável ($cmol_c\ dm^{-3}$), respectivamente (Tabela 2.1), apesar de um valor de cálcio trocável 2,8 ($cmol_c\ dm^{-3}$) considerado elevado, podendo ser o cálcio, o responsável pelo bom resultado alcançado neste tratamento, já que deficiência de Ca^{2+} e K^+ podem ser induzidas por excesso de Na^+ (MARSCHNER, 2012).

O tratamento testemunha apresentou condutividade elétrica que o caracterizaram como salino-sódico (Tabela 2.6), diferenciando dos tratamentos casca de arroz e casca de coco que caracterizaram-se apenas pela sodicidade. Os resultados evidenciam a influência da condutividade elétrica do extrato de saturação na massa seca de 100 grãos, já que os maiores valores foram obtidos no solo com menor concentração salina expressa pela condutividade elétrica do extrato saturado do solo ao final da colheita do girassol (Tabela 2.4).

2.7. CONCLUSÕES

Os tratamentos com gesso agrícola e gesso mais cada um dos insumos orgânicos estimularam o crescimento em altura e área foliar das plantas, diâmetro de capítulo, massa seca de folhas e massa de sementes do girassol.

A casca de Arroz foi, no geral, o tratamento de menor eficiência nos dados de crescimento, desenvolvimento e produção do girassol.

Com exceção da massa seca do caule, o tratamento gesso exerceu a mesma eficiência que quando associado a um condicionador orgânico.

2.8. BIBLIOGRAFIA

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 159p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem)

BONACIN, G. A. **Crescimento de plantas, produção e características das sementes de girassol em função de doses de boro.** Jaboticabal, 2002. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

BOSCO, M. R. de O. et al. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 02, p. 157-164, 2009.

BOT, A.; BENIES, B. **The importance of soil organic matter.** Key to drought resistant soil and sustained food production. Soils. Bull. 80. FAO. 2005. 564p.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**. v. 39, n. 7, p. 1997- 2003, 2009.

CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; SILVA, R. C. P.; CANDIDO, W. S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n. 2, p165-171, 2010.

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:** Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSAL, 2010, p. 426-448.

CAVALCANTI, F. J. A. Arroz irrigado; In: CAVALCANTI, F. J. A. (Ed.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco.** 3 ed. Revisada. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, p. 120, 2008. 212p.

CONAB 2010 [Online]. **Décimo primeiro levantamento de grão 2010**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 10 de agosto de 2010.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEIDER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, p.113-181. (Series of monographs, 35) 1997.

CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSO, L. R.; SCALON, S. P. Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.67-74, 2009.

COOPERBAND, L. Building soil organic matter with organic amendments: A resource for urban and rural gardeners, small farmers, turfgrass managers and large-scale producers. **Center for Integrated Agricultural Systems**, 16 p, 2002.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H. R.; METRI, J. E. C.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1997. 204p (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24)

EMBRAPA - Empresa Brasileira Pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p, 2006A.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)**. Campina Grande. 2008. 61 f. (Dissertação – Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande.

FARIAS, S.G.G.; FREIRE, A.L.O.; SANTOS, D.R.; BAKKE, I.A.; SILVA, R.B. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricidia [*Gliricidia sepium* (JACQ.) STEUD.]. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.152-157, 2009.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38,n. 1 p.7-16, 2007.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 1, p.79-88, 2001.

GRANDO, G. Girassol promete boa rentabilidade na próxima safra. **Campo & Negócios**, Uberlândia, n. 32, p.17, 2005.

GUPTA, R. K.; ABROL, I.P. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. **Advances in Soil Sciences**, New York, v.11, p. 224-88,1990.

KHAN, M. J.; JAN, M. T.; KHAN, A. U.; ARIF, M.; SHAFI, M. Management of saline sodic soils through cultural practices and gypsum. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, n. 6, p. 4143-4155, 2010.

LEITE, E. M., DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; RAIJ, H. G.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.

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

LEONARDO, M.; BROETTO, F. BÔAS, R. L. V.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**, v.12, n.1, 65-73, 2007.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In; SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRICOLAS. Campinas: 1985. Fundação Cargill, p.64. 1985.

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, p.1356- 1361, 2009

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 849p. 2001.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M. & CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p. 957-965, 2002.

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M. de, SANTOS, K. C. F. dos; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. de. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.484–490, 2011

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: Bringing them together. **New Phytol.** v. 167, n. 645–663, 2005.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p.358-365, 2010.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.479-484, 2010.

PEREIRA, O. N. Gesso e rejeito de caulim na correção de um solo salinizado e no crescimento de gramíneas. Patos. 2008. 27 f.(Monografia) Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande.

QUAGGIO, J.A.; UNGARO, M.R.G.; Girassol. In: **RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., FURLANNI, A.M.C. Recomendações de adubações e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Editora Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 198 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

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, p. 11 - 19. 2010.

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. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.2. p.449- 484, 2009

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J.; MONTENEGRO, A.A.A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v. III, 2003. p. 234-249.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dep. **Agric. Handbook** 60 Washington,. U. S. Government Printing, Office, D. C., 160p. 1974.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, N. 4, p.842-849, 2011.

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; MATOS, A. N. B. **Preparo e uso de biofertilizante líquido.** Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido. 2007, 4 p. (Comunicado técnico, 30).

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v.17, p.114-125, 2012.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.705-714, 2010.

SOUSA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERUQE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.237-245, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TRAVASSOS, K. D. SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S. DO; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R. **Crescimento inicial do girassol sob estresse salino**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 38, Juazeiro-BA/Petrolina- PE, 2009.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.371-376, 2011.

TURAN, M. A.; ELKARIM, A. H. A.; TABAN, N. T. S. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.893-897, 2009.

VITAL, A. F. M.; SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F. C.; SOUTO, J. S. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.30-36, 2005.

CAPÍTULO - III

COMPORTAMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE ARROZ EM SOLO SALINO – SÓDICO TRATADO COM GESSO AGRÍCOLA E INSUMOS ORGÂNICOS

PETRÔNIO DONATO DOS SANTOS

Orientador: prof. Dr. LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

**AREIA – PB
FEVEREIRO – 2014**

Santos, P. D. **Comportamento vegetativo e produtivo de arroz em solo salino – sódico tratado com gesso agrícola e insumos orgânicos**. Areia. 2014. p. 71 - 95. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

3.1. RESUMO: Altos níveis de salinidade têm limitado a produção agrícola, sendo fator limitante para o crescimento e a produção pelas culturas. Contudo, estudos de campo, com uso de remediadores, são realizados na busca de devolver ao solo a capacidade de suportar cultivos e se tornar produtivo. Neste sentido, um experimento foi desenvolvido no período de fevereiro a maio de 2012 para avaliar os efeitos do gesso agrícola e de fontes de matéria orgânica no crescimento e produção do arroz variedade Diamante, na área do IFPB, São Gonçalo, Sousa, Paraíba. Os tratamentos foram arranjados em blocos ao acaso, com quatro repetições em parcelas com dimensões de 7,5 x 7,0 m e constaram de: Testemunha (Sem gesso e sem insumo orgânico), Gesso, Esterco Bovino, Casca de Arroz, Casca de Coco, Gesso + Esterco Bovino, Gesso + Casca de Arroz e Gesso + Casca de Coco. O solo foi caracterizado quimicamente quanto à fertilidade e salinidade, antes do transplantio e após a colheita do arroz nas camadas 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm e nas plantas avaliaram-se altura, número de panículas, comprimento de panículas, número de ramificações da panícula, massa fresca da parte aérea, massa de 100 grãos e produção de grãos. Ao final da colheita do arroz o solo, na camada superficial de 0-20 cm, apresentava-se como não salino com condutividade elétrica inferior a 4 dS m⁻¹ e percentagem de sódio trocável abaixo de 15%. O crescimento e a produtividade do arroz não foram influenciados pelos tratamentos. Os maiores incrementos percentuais da produtividade de arroz, em relação à testemunha, foram obtidos nos tratamentos com esterco bovino e gesso agrícola associado com as fontes orgânicas. As plantas na época da amostragem estavam adequadamente supridas em cálcio, potássio, magnésio e enxofre e deficientes em nitrogênio e potássio.

Palavras chave: *Oryza sativa*, correção da sodicidade, manejo de solo salinizado

Santos, P. D. **Rice vegetative and productive behavior in sodic saline soil treated with gypsum and organic inputs.** Areia. 2014. p. 71 - 95. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

3.1. ABSTRACT: High levels of salinity have limited agricultural production, being a limiting factor for crop growth and production. Yet, field studies with the remediations use are carried out looking for return the soil to the capacity to support crops and become productive. In this sense, an experiment was carried out from February to May of 2012 to evaluate the effects of gypsum and organic matter sources on the growth and production of rice variety Diamante in Perimeter Irrigate of São Gonçalo, Sousa municipality, Paraíba State, Brazil. The treatments were distributed in randomized blocks, with four replications in plots with dimensions of 7.5 x 7.0 m which consisted of: Witness (Without gypsum and without organic input), Gypsum, Bovine manure, husk, Coconut husk, Gypsum + Bovine manure, Gypsum + Rice husk and Gypsum + Coconut husk. The soil was chemically characterized for fertility and salinity, before transplanting and after rice harvesting in the 0-20, 20-40 and 40-60 cm layers and in the plants were evaluated height, number of panicles, length of panicles, number of branches of the panicle, aerial part fresh mass, 100 grains mass and grains production. At the end of the rice harvest, the soil in the 0-20 cm superficial layer presented as non-saline with an electrical conductivity lower than 4 dS m^{-1} and a percentage of exchangeable sodium below 15%. Growth and yield of rice were not influenced by treatments. The highest percentage increases in rice yield, in relation to control treatment, were obtained in the treatments with cattle manure and agricultural gypsum associated with the organic sources. Plants at the time of sampling were adequately supplied in calcium, potassium, magnesium and sulfur and deficient in nitrogen and potassium.

Key words: *Oryza sativa*, soil sodicity correction, saline soil management.

3.3. INTRODUÇÃO

A salinização dos solos de áreas irrigadas ocorre principalmente, segundo Richards (1974), Gheyi et al. (1997), Ribeiro (2010), pelo uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático por causa do manejo inadequado da água, drenagem deficiente e elevação do lençol freático do solo em decorrência da acumulação de água por infiltração nas áreas mais baixas das terras.

Extensas áreas irrigadas estão em processo de salinização em todo o mundo com perdas da capacidade produtiva, em função do excesso de sais solúveis e de sódio trocável (LEAL et al., 2008). Esses sais solúveis são adicionados pelas águas de irrigação e depositados no solo a medida que a água se evapora ou é absorvida e evapotranspirada pelas culturas.

No Nordeste brasileiro, característico de alta evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica, estima-se em mais de 9 milhões de hectares a área total ocupada pelos solos geneticamente salinos como Planossolos, Solonetz, Solonchak e outros (PEREIRA et al., 1985).

A acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, dificultando a absorção de água do solo pelas plantas, induzindo à toxicidade de íons específicos principalmente (sódio e cloreto), causando desequilíbrio nutricional e impedindo a infiltração de água no solo, provocando redução do crescimento e perda do rendimento das culturas (AMORIM et al., 2008; HOLANDA et al., 2010), e em casos mais severos colapso do sistema de produção agrícola.

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social. Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado (SILVA et al., 2014).

O arroz, segundo Azambuja et al. (2012) ocupa a terceira posição mundial em produção e área de cultivo, sendo a Ásia a sua maior produtora e consumidora e é um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico. Ao considerar produto alimentício de elevada importância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania, onde vivem 70% da população total dos países em desenvolvimento, o arroz é alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e,

segundo a estimativa de Azambuja et al. (2012), até 2050 haverá uma demanda para atender ao dobro da população mundial.

A cadeia produtiva do arroz, atualmente, se configura como uma das importantes culturas para o agronegócio brasileiro visto ser um produto de elevado consumo interno e representa um volume expressivo da produção de grãos no país (ZAMBERLAN & SONAGLIO, 2011). O Brasil é referência em quantidade, estando entre os dez principais países produtores mundiais, inclusive se destacando como o principal produtor no cenário mundial entre os países ocidentais (EMBRAPA, 1985-2014).

Apesar da importância da irrigação ao sistema de produção das áreas áridas e semiáridas pode elevar o nível salino das terras e restringir ou mesmo inviabilizar o cultivo de uma longa série de plantas alimentícias, inclusive o arroz (SILVA, 2004). Essa inconveniência é resposta da ação dos sais da água de irrigação e dos solos às plantas (GRATTAN, 2002; DOWD et al., 2008).

Quanto à salinidade o arroz é considerado moderadamente sensível e tolera condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, no ambiente radicular, denominada de CE limiar, do solo sem perda do crescimento e da produção (FAGERIA, 1991; AYERS & WESTCOT, 1999).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produção do arroz em solo salino-sódico previamente tratado com gesso agrícola e fontes de matéria orgânica disponíveis na propriedade.

3.4. REVISÃO DE LITERATURA

3.4.1. A salinidade do Solo às Plantas

As espécies vegetais se comportam diferentemente em relação à salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar tolera até certo nível de salinidade, sem reduzir o seu rendimento potencial chamado de salinidade limiar. A partir desse limite, passa a diminuir a produtividade com o incremento da salinidade do solo ou da água (MAAS & HOFFMAN, 1977; RHOADES & LOVEDAY, 1990; FERNANDES et al. 2010).

De acordo com SOUSA et al. (2011), os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais podem ser resumidos em: seca fisiológica provocada pela redução no potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à inibição da absorção de outros

cátions pelo sódio e ao efeito tóxico específico dos íons sódio e cloro provocando redução no crescimento e na produção das plantas.

Tester & Davenport (2003) afirmam que o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas é, geralmente, detectado no crescimento, em razão da redução do estado da energia da água no solo promovido pelo abaixamento do potencial osmótico da solução do solo, em resposta ao aumento da salinidade, comprometendo o alongamento das células e o crescimento das plantas. Adicionalmente ao efeito osmótico pode haver também a ação específica íons como sódio e/ou cloreto, prejudicando o crescimento das plantas, por seu efeito tóxico e/ou por causar desequilíbrio nutricional.

A salinidade na rizosfera acarreta redução na permeabilidade das raízes para água, dando origem ao estresse hídrico. Em consequência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (O'LEARY, 1971). Além desse fato, o NaCl afeta a síntese e a translocação para parte aérea da planta de hormônios sintetizados nas raízes, indispensáveis para o metabolismo foliar (PRISCO, 1980; TAIZ & ZAIGER, 2004; MARSCHNER, 2012).

Segundo Bergmann (1992), altos níveis de Na promovem redução do crescimento vegetativo por inibir principalmente a absorção de Ca.

Apesar do efeito salino, na maioria das plantas, exercer ação negativa há espécies classificadas como halófitas ou natrofílicas, para as quais o elemento sódio é benéfico (FREIRE, et al., 2010), com estímulo ao crescimento. Segundo Bergmann (1992) e Carillo et al. (2011), tais plantas têm a capacidade de estabelecer equilíbrio osmótico com o baixo potencial de água no solo. Isto é possível por acumularem os íons absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no citoplasma e nas organelas em baixos níveis, de modo a não interferirem nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação de proteínas das células.

3.4.2. A salinidade do Solo e o Cultivo de Arroz

Com a idade ocorre o aumento da demanda por água pelas plantas e o aumento da concentração de sais próximo às raízes, pelo aumento da evaporação e evapotranspiração (GRATTAN et al., 2002; WAHID et al., 2010). Nessas condições, há a inibição no crescimento pela toxicidade de íons específicos e pela alta concentração de sais; as plantas ficam incapacitadas de absorver quantidade suficiente de água, pelo

decréscimo do componente osmótico do potencial hídrico do solo (TESTER & DAVENPORT, 2003; FARIA et al., 2009; SILVA et al., 2009).

A absorção de água pelas raízes das plantas por osmose é um processo que envolve o movimento da água de um ambiente com baixa, para um com alta concentração de sais, no interior das células das raízes. Conforme aumenta a concentração de sais no solo, o movimento da água da solução para as raízes diminui devido a concentração salina ser mais alta no solo em relação ao interior das raízes (FLOWERS & COLMER, 2008). O prolongamento do estresse hídrico, em geral causa murchamento das folhas ocasionando a seca fisiológica das plantas (TAIZ & ZAIGER, 2004).

A salinidade acima do limite tolerado ocasiona diminuição do perfilhamento e aumento da esterilidade em arroz. Nesse sentido, Rodrigues et al.(2005), Melo et al. (2006) e Castillo et al. (2007) constataram decréscimos do número de perfilhos e aumento do número de perfilhos não produtivos do arroz com ao aumento da salinidade do solo.

O estresse salino ocasiona prejuízo na fotossíntese devido à diminuição da fixação de CO₂ no interior das folhas em resposta ao fechamento de estômatos. Isso acarreta uma série de efeitos negativos na condutância estomática, taxa de transpiração, conteúdo relativo de água nas folhas e na síntese de constituintes bioquímicos. Esses efeitos, somados, acarretam um menor acúmulo de foto-assimilados nas folhas e comprometem o rendimento de grãos (TÁVORA et al., 2005).

Os efeitos negativos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas estão relacionados também com a diminuição da transpiração que possui correlação com o índice de área foliar (ASCH et al., 2005). A alta salinidade e o elevado teor de sódio trocável do solo afeta a densidade das culturas, limitando a sua produtividade bem como seu desenvolvimento vegetativo. Nos casos mais graves, causa sérios problemas de ordem econômica, com a morte generalizada das plantas. (MAJOR & SALES, 2012).

A redução no desenvolvimento das plantas com o aumento da salinidade pode ser atribuída, também, a alterações na partição de fotoassimilados (ZENG et al., 2003), devido ao aumento dos processos de consumo de energia para o ajuste osmótico e processos de transporte ativo de íons, pelo excesso de sais na planta (ASCH et al., 2000). Segundo Taiz & Zeiger (2004), algumas espécies de plantas se adaptam às condições de salinidade por evitarem a desidratação, pela redução do potencial osmótico das células.

Efeitos antagônicos na absorção de nutrientes podem ocorrer sob condições de excessiva disponibilidade de Na^+ , causando deficiências nutricionais em plantas de arroz. O desbalanço gerado pelos excessivos teores Na^+ e Cl^- na solução do solo inibem a disponibilidade de K e Ca para atender às exigências das plantas (AHMAD et al., 2007; MARSCHNER, 2012), diminuindo, respectivamente, as relações K/Na e Ca/Na.

3.5. MATERIAL E MÉTODOS

3.5.1. Localização do Experimento

O trabalho foi desenvolvido na área anteriormente estudada durante a lavagem e plantio de girassol (*Helianthus annuus* L.) cv. Embrapa 122/V-2000 avaliando a redução dos problemas de sais e sódio e desenvolvimento do cultivo, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa - PB, área experimental do IFPB. Esta etapa foi desenvolvida no período de fevereiro a maio de 2012. As variáveis climáticas durante a realização do experimento, nos anos 2011 e 2012, estão na Tabela 1.2 (Cap - I).

3.5.2. Caracterização da Área

O solo da área experimental é um Luvissolo Crômico eutrófico (EMBRAPA, 2006) e quanto à salinidade é salino-sódico. A caracterização quanto à alcalinidade, salinidade e sodicidade foi feita pelos valores de pH_{ps} (pH da pasta de saturação), CE_{es} (Conduatividade Elétrica do extrato de saturação) e PST (percentagem de sódio trocável). Os teores referentes ao complexo sortivo, para obtenção da PST foram obtidos em amostras tratadas com acetato de amônio pH 7,0, de acordo com a metodologia de Richards (1974).

Após o cultivo do girassol, foram coletadas na camada de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, conforme procedimento adotado no Cap - I. A caracterização física (Tabela 1.3 Cap - I) constou da densidade do solo - ds pelo método do torrão parafinado, densidade de partículas - dp com água fervente em balão volumétrico, porosidade total (Pt) pela relação [Pt = (1 - da/dp)100]. Para obtenção das frações granulométricas, areia, silte e argila, as amostras utilizou-se o dispersante químico exametafosfato de sódio (RICHARDS, 1974).

Tabela 3.1. Caracterização do solo, antes do plantio de arroz, de acordo com as parcelas experimentais nas profundidades 0 - 20, 20 - 40, e 40 - 60 cm do solo.

Tratamentos	Profundidade 0 - 20 cm					
	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	CEes (dS m ⁻¹)	PST(%)	pH	Classe
T	2,0	4,4	1,6	29,3	8,3	Sódico
G	2,6	12,4	4,3	11,6	7,8	Salino
EB	3,0	7,7	2,5	22,0	8,0	Sódico
CA	3,8	6,7	2,5	27,1	8,1	Sódico
CC	2,4	6,5	2,3	16,6	8,2	Sódico
G+EB	0,3	13,4	5,0	3,4	7,4	Salino
G+CA	0,7	13,0	4,4	4,7	7,6	Salino
G+CC	1,5	14,5	4,8	10,6	7,9	Salino
Média	2,0	9,8	3,4	15,7	7,9	Sódico
Profundidade 20 - 40 cm						
T	5,6	1,7	2,1	54,5	9,1	Sódico
G	9,3	2,8	2,4	55,3	9,0	Sódico
EB	10,4	2,2	2,6	69,2	8,7	Sódico
CA	9,1	1,4	2,7	77,8	9,0	Sódico
CC	10,2	2,0	2,4	74,9	9,2	Sódico
G+EB	7,8	2,1	2,8	62,1	8,9	Sódico
G+CA	9,2	1,8	3,1	73,0	8,9	Sódico
G+CC	11,4	2,2	2,3	72,6	9,1	Sódico
Média	9,1	2,0	2,5	67,4	9,0	Sódico
Profundidade 40 - 60 cm						
T	11,1	0,7	2,4	82,7	9,4	Sódico
G	11,2	0,6	2,1	87,2	9,3	Sódico
EB	9,3	0,9	2,7	82,5	9,1	Sódico
CA	11,2	0,4	2,6	88,6	9,3	Sódico
CC	8,6	0,7	3,2	80,8	9,2	Sódico
G+EB	10,7	0,3	2,6	83,8	9,3	Sódico
G+CA	9,1	0,7	2,3	82,4	9,2	Sódico
G+CC	12,19	0,6	2,5	89,1	9,1	Sódico
Média	10,4	0,6	2,6	84,6	9,2	Sódico

T- testemunha; G- gesso agrícola; EB- esterco bovino; CA- casca de arroz; CC- casca de coco; G+EB- gesso + esterco bovino; G+CA- gesso + casca de arroz; G+CC- gesso + casca de coco.

3.5.3. Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com oito Tratamentos e quatro repetições, relativos: T1 - testemunha (sem nenhum insumo), T2 - gesso agrícola (G), T3 - esterco bovino (EB), T4 - casca de arroz (CA), T5 - casca de coco (CC), T6 - gesso + esterco bovino (G+EB), T7 - gesso + casca de arroz (G+CA), T8 - gesso + casca de coco (G+CC).

3.5.4 Preparo da Área para Plantio do Arroz

Após o cultivo do girassol, amostras para a caracterização química do solo foi feita (Tabela 3.1) e iniciado o preparo do solo para plantio das mudas de arroz (*Oryza sativa*) variedade diamante.

Uma capina manual foi feita antes do revolvimento da área na profundidade de 0,10 cm para facilitar o transplantio e aerar o solo visando reduzir a compactação superficial e promover o enraizamento das mudas. .

3.5.5. Plantio do Arroz

As mudas de arroz de porte médio foram produzidas em canteiro de solo sem problemas de sais semelhante a metodologia adotada por Gomes et al. (2000). Foram semeados em 10 m² de canteiro 150 g de sementes por m² e irrigados diariamente, com água sem riscos de salinização, de condutividade elétrica 0,4 dS m⁻¹ e razão de adsorção de sódio de 1,4 (mmol L⁻¹)^{1/2} (AYERS & WESTCOT, 1999).

O transplantio das mudas ocorreu aos 20 dias após o semeadura no canteiro conforme recomenda Fageria (1984). O espaçamento de plantio foi 0,3 m x 0,1 m (entre linhas e entre plantas) com duas plantas por cova.



Figura 3.1. Transplantio das mudas de arroz

3.5.6. Irrigação da Cultura

Nos primeiros 30 dias após o transplantio a irrigação foi feita por microaspersão com os emissores. O distribuídos nas distâncias de 4 x 4 m, com vazão de 70 L h⁻¹, fornecendo ao solo 4,37 mm h⁻¹ de lâmina de irrigação.

A água utilizada na irrigação foi de poço amazonas (Tabela 1.7 Cap - I) próximo da área experimental.

Nos primeiros 30 dias após o transplantio das mudas, a irrigação foi realizada por microaspersão, acionado duas vezes por dia, no início da manhã e final da tarde. Dos 30 aos 80 dias após o transplantio, quando ocorreu o completo enchimento dos grãos, a cultura foi irrigada por inundação intermitente, mantendo-se uma lâmina de água sobre a superfície de cada parcela, entre 2,5 e 5 cm de altura, conforme recomendado por Gomes et al. (2000)

Dos 80 aos 85 dias após transplantio das mudas - DAT-, coincidindo com o período de maturação, suspendeu-se a irrigação, seguindo-se recomendações de Doorenbos & Kassam (1994).

No início de formação dos grãos 10 (dez) amostras por parcela, da folha diagnóstico (MALAVOLTA et al., 1997), foram coletadas para avaliação do estado nutricional da plantas nos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e, devido o solo ser salino – sódico também foram avaliadas em sódio (EMBRABA, 2009)

3.5.7. Adubação

O cultivo do arroz teve as adubações realizadas com base no resultado da análise química do solo para Fósforo e Potássio na camada 0 – 20 cm (Tabela 3.2) e nas recomendações de adubação para o Estado do Pernambuco (CAVALCANTI, 2008).

A adubação potássica foi feita uma única vez com nitrato de potássio (44% de K₂O e 12% de N), na dosagem de 30 kg ha⁻¹, juntamente com metade do nitrogênio, ao nível de 60 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (44% N), reduzindo da uréia, o valor de N contido no nitrato de potássio.

O restante do nitrogênio foi fornecido 30 dias após a primeira aplicação.

Tabela 3.2. Teores médios dos elementos fósforo (P) e potássio (K) na camada de 0 - 20 cm, antes do plantio do arroz, para cada tratamento

	Tratamentos							
	T	G	EB	CA	CC	G+EB	G+CA	G+CC
P (mg dm ⁻³)	13	13	18	15	13	18	21	18
K (cmol _c dm ⁻³)	0,51	0,47	0,30	0,26	0,26	0,39	0,71	0,66

Testemunha (T), gesso(G), esterco bovino(EB), casca de arroz(CA), casca de coco(CC), gesso + esterco bovino(G+EB), gesso + casca de arroz(G+CA) e gesso + casca de coco(G+CC).

3.5.8. Condução do Cultivo

Com a irrigação do cultivo, ocorreu espontaneamente, o aparecimento de plantas invasoras nas áreas plantadas o que foi controlado com capina manual em intervalos de 20 dias.

A aplicação de água nas parcelas com a cultura durante o período de alagamento foi mantida entre 2,5 e 5,0 cm de carga hidráulica, sendo repostada quando atingia a menor altura. Sempre que a reposição de água era necessária, a irrigação era aplicada individualmente por parcela, evitando que a água de um tratamento atingisse outro.

3.5.9. Coleta dos Dados de Desenvolvimento e Produção da cultura

As variáveis observadas ao fim do cultivo do arroz foram altura de plantas e número de perfilhos, aos 85 DAT.

O número de panículas, comprimento de panícula, número de ramificações da panícula, massa fresca da parte aérea, massa de 100 grãos foram obtidos pelo valor médio de 10 plantas colhidas e analisadas com origem na área útil da parcela; a produtividade foi estimada pela área útil da parcela e produção em cada tratamento, descontando-se 13% de umidade (GOMES et al. 2000)



Figura 3.2. Coleta dos dados de altura de plantas



Figura 3.3. Área útil da parcela experimental



Figura 3.4. Separação do grão do cacho

3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3.3. Resumo da análise de variância, com base no quadrado médio, referentes à altura de plantas, número de perfilhos, número de panículas, comprimento de panículas, número de ramificações da panícula, massa fresca da parte aérea, massa de 100 grãos e produtividade de arroz variedade Diamante, em solo salino-sódico.

Fonte de variação	GL	AP	NPE	NPA	CP	NRP	MFPA	M100G	PROD
Bloco	7	30,90 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,02 ^{ns}	222,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,80*
Trat.	3	17,74 ^{ns}	7,89*	7,09**	1,08 ^{ns}	0,42 ^{ns}	137,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,27 ^{ns}

Resíduo	21	11,80	2,66	1,53	1,09	0,28	99,11	0,03	0,23
CV(%)	-	3,67	13,99	17,08	5,26	5,99	17,08	7,39	8,07
Dms	-	8,15	3,87	23,61	2,48	1,27	23,61	0,42	1150

ns, ** e * = Não significativo, respectivamente significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; CV = Coeficiente de variação; dms = Diferença mínima significativa. GL=Grau de liberdade; Trat=tratamento; AP = altura de plantas; NPE = Número de perfilhos; NPA = Número de panículas; CP = Comprimento de panícula; NRP = Número de ramificações da panícula; MFPA = Massa fresca da parte aérea; M100G = Massa de 100 grãos; PROD = Produção.

Conforme a Figura 3.5, o número de panículas, em função dos tratamentos obedeceu a ordem: a ordem decrescente do número de panícula pela ordem numérica dos efeitos dos tratamentos foi: Esterco bovino>gesso mais casca de arroz>gesso>testemunha>casca de arroz>gesso mais casca de coco>casca de coco>gesso mais esterco bovino. Os dados referentes ao tratamento esterco bovino superam aos de casca de coco e gesso + esterco bovino, mas sem diferirem dos demais tratamentos.

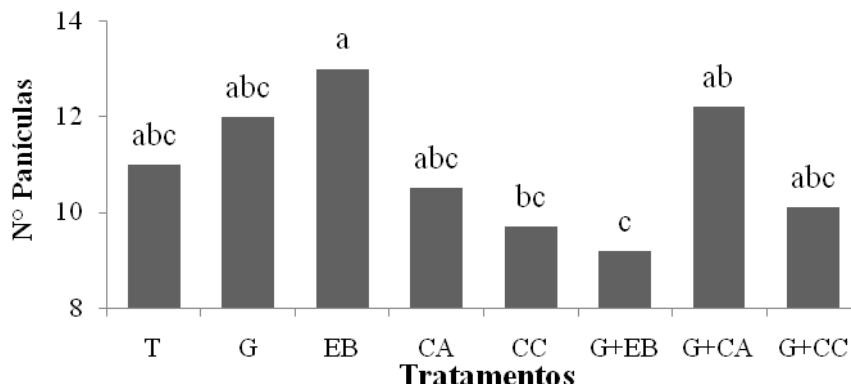


Figura 3.5. Número de panículas nas plantas de arroz, em função dos tratamentos.

O menor desempenho do tratamento gesso + esterco bovino deve ter sido resposta do maior nível de salinidade do extrato de saturação do solo, com valor de 5 dS m⁻¹ (Tabela 3.1), o que pode ter prejudicado o desempenho das plantas, enquanto que o tratamento esterco bovino com maior expressividade estava com nível salino bem inferior. O comportamento entre tratamentos difere do apresentado por Gomes et al. (2000) após avaliarem o número de panículas da mesma variedade de arroz em solo salino sódico tratado com gesso e outros insumos orgânicos, e não obtiveram diferença entre tratamentos sobre as panículas emitidas pelas plantas.

O estresse salino, segundo Santana & Carvalho (2007) inibe a atividade fotossintética as plantas devido a diminuição da fixação de CO₂ nas folhas, pelo

fechamento de estômatos. Para o autor, o estresse diminui os potenciais hídrico e osmótico das folhas, a condutância estomática, transpiração e teor de água nas folhas, com prejuízos na produção e acumulação de foto-assimilados nas folhas e perda na capacidade produtiva das plantas.

A tolerância do arroz à salinidade varia conforme o estádio de desenvolvimento da cultura, sendo os períodos de plântula e reprodutivo críticos à salinidade, coincidindo o maior estresse com o período e a avaliação realizada naquele momento o que pode ter evidenciado tal resultado. Levando-se em consideração a interação entre tais fatores, uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte, dependendo da intensidade do estresse salino (CAMBRAIA, 2005).

Exceto sobre os tratamentos casca de coco e gesso mais esterco bovino, a testemunha ou controle não diferiu dos outros tratamentos, mas foi o que proporcionou maior perfilhamento do arroz em relação aos demais (Figura 3.6).

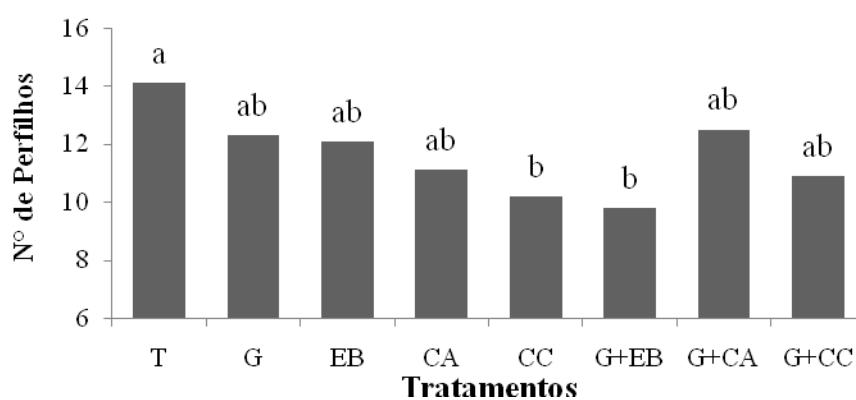


Figura 3.6. Número de perfilhos de arroz, em função dos tratamentos.

Em níveis acima do tolerável, a salinidade ocasiona diminuição do perfilhamento e aumento da esterilidade das espiguetas e arroz (Gomes et al., 2004). Ao considerar a superioridade do perfilhamento no tratamento testemunha que possuía o maior nível salino (5 dS m^{-1}) essa situação está em conflito com a literatura, visto que o aumento da salinidade inibe o perfilhamento do arroz (RODRIGUES et al., 2005; MELO et al., 2006; CASTILLO et al., 2007), demonstraram relação linear entre o aumento dos níveis de salinidade e a diminuição do número de perfilhos, além do aumento do número de perfilhos não produtivos.

Os valores dos tratamentos gesso, esterco bovino, casca de arroz, gesso + casca de arroz e gesso + casca de coco demonstraram similaridade ao melhor tratamento, contudo, apresentando menor eficiência que pode ser devido ao maior valor de condutividade elétrica, porém, por outro lado, esses resultados podem ser respostas dos maiores teores de cálcio no solo e menores valores de pH.

O crescimento em altura de plantas, massa fresca da parte aérea, comprimento de panículas, número de ramificações da panícula, massa de 100 grãos e produtividade apesar de não diferirem entre os tratamentos, os insumos fornecido proporcionaram modificações no ambiente de produção (Tabela 3.4) que resultaram na variação de alguns dados de crescimento e produção.

Tabela 3.4. Valores médios dos dados de crescimento e produção da cultura de arroz, com o respectivo incremento em percentagem para os tratamentos em relação à testemunha.

Avaliações	Tratamentos / Incrementos															
	T		G		EB		CA		CC		G+EB		G+CA		G+CC	
	valor	Valor	I (%)	valor	I (%)	valor	I (%)	valor	I (%)	valor	I (%)	valor	I (%)	valor	I (%)	valor
AP(cm)	94,8	93,7	-1,16	89,7	-5,39	91,8	-3,16	95,5	+0,74	92,6	-2,32	96,1	+1,37	96,1	+1,37	
MFPA(g cova ⁻¹)	55,8	67,8	+21,50	60,5	+8,42	56,7	+1,61	55,9	+0,18	49,1	-12,01	64,5	+15,59	55,8	0,00	
CP (cm)	19,5	20,8	+6,66	19,4	-0,51	19,3	-1,03	19,9	+2,05	20,4	+4,62	20,0	+2,56	19,7	+1,03	
NRP	8,77	9,15	+4,33	8,50	-3,08	8,87	+1,14	8,80	+0,34	9,52	+8,55	8,95	+2,05	9,3	+6,04	
M100G (g)	2,30	2,42	+5,21	2,35	+2,17	2,40	+4,34	2,35	+2,17	2,42	+4,49	2,42	+4,49	2,50	+13,6	

Produção($T\ ha^{-1}$) 5,60 6,02 +7,50 6,05 +8,04 6,25 +11,61 5,80 +3,57 6,12 +9,29 6,45 +15,18 6,12 +9,29

A coluna “I” representa o incremento percentual de cada variável analisada na cultura do arroz dentro de cada tratamento em relação ao tratamento testemunha. I = Incremento; T = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; AP = Altura de plantas; MFPA = Massa fresca da parte aérea; CP = Comprimento de panículas; NRP = Número de ramificações da panícula; M100G = massa de 100 grãos.

As plantas cresceram menos em altura nos tratamentos gesso, esterco bovino, casca de arroz e gesso mais esterco bovino comparados à testemunha com inibições, respectivamente de 1,16; 5,39, 3,16 e 2,32%. Na mesma variável, os tratamentos casca de coco, gesso mais casca de arroz e gesso mais casca de coco estimularam o crescimento em altura das plantas, em relação ao tratamento testemunha com incrementos variando incrementos variando de +0,74 a +1,37%, respectivamente.

As demais variáveis (Tabela 3.4), exceto a massa fresca da parte aérea, comprimento da panícula e número de ramificações da panícula, com perdas em relação à testemunha de -12,01% no tratamento gesso mais esterco bovino, -0,51% e -1,03% nos tratamentos casca de arroz e esterco bovino e -3,08%, os demais tratamentos superaram percentualmente a testemunha.

No que se refere à produção, os tratamentos não exerceram efeitos significativos na produtividade do arroz variedade Diamante, mas a variação dos rendimentos de 5,60 a 6,45 $t\ ha^{-1}$ estão compatíveis com os 5,75 e 5,81 $t\ ha^{-1}$ e com 6,20; 6,78 e 8,81 $t\ ha^{-1}$ em solo salino - sódico tratado com gesso e esterco bovino (GHEYI et., 1995), gesso, casca de arroz e casca de coco (GOMES et al., 2000).

As plantas, no início de enchimento dos grãos (Tabela 3.5), estavam nutricionalmente equilibradas nos macronutrientes potássio, cálcio, magnésio e enxofre, mas estavam deficientes em nitrogênio e fósforo (MALAVOLTA et al., 1997) que são os nutrientes mais diretamente responsáveis, respectivamente pelo crescimento vegetal da parte aérea e radicular (MARSCHNER, 2012).

Os teores de nitrogênio variaram de 12,62 a 15,50 e os de fósforo de 2,02 a 2,50 $g\ kg^{-1}$ de matéria seca, plantas de arroz exigem teores foliares na faixa de 40 a 50 e de fósforo entre 2,5 e 4,0 $g\ kg^{-1}$. Pelos resultados percebe-se que a cultura em solos degradados pela sodicidade exige níveis de adubações nitrogenada e fosfatada superiores aos fornecidos. Os teores adequados de potássio, cálcio, magnésio e enxofre expressam suficiência dos nutrientes adicionados via tratamentos e pelas fertilizações com nitrato de potássio.

Os tratamentos com gesso e gesso mais esterco de bovino proporcionaram as maiores acumulações de potássio e cálcio nas folhas das plantas. Quanto ao sódio, os tratamentos exercearam efeitos positivos, superando à testemunha, na redução dos teores do elemento acumulados nas folhas.

Tabela 3.5. Teores foliares e faixa de suficiência nutricional à cultura do arroz, nos respectivos tratamentos.

Tratamentos	Teores foliares em arroz						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
g kg^{-1}							
T	12,62	2,12	20,02	40,02	11,32	1,67	8,22
G	13,85	2,15	31,70	79,00	13,1	4,17	3,41
EB	13,12	2,12	25,12	39,15	11,22	1,75	2,89
CA	15,02	2,27	24,80	69,65	15,25	2,72	2,27
CC	15,30	2,17	32,42	45,62	10,65	2,90	4,41
G+EB	15,50	2,05	38,07	86,00	9,80	3,75	2,56
G+CA	13,05	2,50	37,55	93,27	9,875	5,42	3,66
G+CC	14,95	2,02	45,92	92,25	7,675	4,87	3,70
FS	40-48	2,5-4,0	25-40	7,5-10	5,0-70	1,5-2,0	---

FS= Faixa de Suficiência (MALAVOLTA et al. 1997); T = Testemunha; G = Gesso; EB = Esterco bovino; CA = Casca de arroz; CC = Casca de coco; G +.EB = Gesso mais esterco bovino; G +.CA = Gesso mais casca de arroz; G +.CC = Gesso mais casca e coco.

3.6. CONCLUSÕES

O crescimento e a produtividade do arroz não foram influenciados pelos tratamentos.

Os maiores incrementos percentuais da produtividade de arroz, em relação à testemunha, foram obtidos nos tratamentos com esterco bovino e gesso agrícola associado com as fontes orgânicas.

As plantas na época da amostragem estavam adequadamente supridas em cálcio, potássio, magnésio e enxofre e deficientes em nitrogênio e potássio.

3.7. BIBLIOGRAFIA

AZAMBUJA, I. L. H.; MAGALHÃES JÚNIOR., A. M.; VERNETTI, F.J. **Situação da Cultura do arroz no mundo e no Brasil.** In: Série Culturas: Arroz. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/download/capc/serie_culturas_arroz.pdf. Acesso em: 20 fev. p. 04-14. 2012.

AHMAD, M.S.A.; JAVED, F.; ASHRAF, M. Iso-osmotic effect of NaCl and PEG on growth, cations and free proline accumulation in callus tissue of two indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v.53, p.53-63, 2007.

AMORIM, J. R. A. DE; RESENDE, R. S.; HOLANDA, J. S. DE; FERNANDES, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. In: Albuquerque, P. E. P. de; Durães, F. O. M. (ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap.6, p.255-316.

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DÖRFFLING, K.; MIEZAN, K. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. **Euphytica**, Amsterdam, v.113, p.109- 118, 2005.

BERGMANN, W. (Ed.). **Nutritional disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife, UFRPE, v.1, p.95-105, 2005.

CARILLO, P., ANNUNZIATA, M.G., PONTECORVO, G., FUGGI, A. WOODROW, P. Salinity stress and salt tolerance, abiotic stress in plants. In: SHANKER, A &

VENKATESWARLU, B (Ed.). **Mechanisms and Adaptations**. 2011. ISBN: 978-953-307-394-1, In Tech. Disponível em: . Acesso em 21/06/2012 9:21.

CASTILLO, E.G.; TUONG, T.P.; ISMAIL, A.M.; INUBUSHI, K. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stresses. **Plant Production Science**, v.10, p.159-170, 2007.

CAVALCANTI, F. J. A. Arroz irrigado. In: CAVALCANTI, F. J. A. (Coordenador). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2^a aproximação. Recife: IPA, p. 120, 2008, 212p

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994, 306p. Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33

DOWD BM, PRESS D & LOS HUERTOS M Agricultural nonpoint source water pollution policy: The case of California's Central Coast. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 128:151-161, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dados de conjuntura da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1985-2014)**. Disponível em: <<http://www.cnnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília: Embrapa Solos, 627p, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.

FAGERIA, N.K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.281-288, 1991.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, R. S.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505, 2009.

FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biosalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 181-203, 2010.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, v.179, n.4, p.945-963, 2008.

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: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p.459- 471p. 2010.

GHEYI, H.R., QUEIROZ, J. E. e MEDEIROS, J.F. In: Simpósio manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, 27. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. de; BATISTA, M.A.F.; SANTOS, J.G.R. dos. Comparação de métodos na recuperação de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.173-178, 1995.

GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Clima Temperado, p.417-455. 2004.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.355-36, 2000.

GRATTAN, S. R. **Irrigation water salinity and crop production**. Berkeley : Farm

Water Quality Planning. University of California, Agriculture and Natural Resources, 9 p. 2002.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 43-61. 2010.

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**, v.32, p.1065- 1072, 2008.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - **Current assessment**. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, Nova York, v.103, p.115-134, 1977.

MAJOR, I.; SALES, J. C. **Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável**. 2012. Disponível em <<http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>> acessado em 16 de junho de 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C & OLIVEIRA, S.A. - **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Potafós, Piracicaba, 1997. 319 p

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd. San Diego: Elsevier®, 651p. 2012.

MELO, P. C. S.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; OLIVEIRA, F. J.; BASTOS, G. Q.; TABOSA, J.N.; SANTOS, V.F.; MELO, M.R.C.S. Seleção de genótipos de arroz tolerantes a salinidade na fase de germinação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.58-64, 2006.

O'LEARY, J.W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.42, P.717- 721, 1971.

PEREIRA, J.R.; VALDIVIESCO, C.R.; CORDEIRO, G.G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985, Brasília. Resumos...Brasília, 1985. p.85-105.

PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” salino. **Revista Brasileira de Botânica.** v.3, p. 85-94. 1980.

RHOADES, J.D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Steward, B. A, Nielsen, D.R. (eds.). Irrigation of agricultural crops. Madison: **American Society Agronomy**, Cap. 9, p.31-67. Agronomy, 30. 1990.

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: INCTSAL, p11-19, 2010.

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. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.2. p.449- 484, 2009

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: US: Department of Agriculture,. 1974. 160p.

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NERY, A. R.; CORREIA, K. G. Produção de arroz em condições de salinidade a partir de mudas formadas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.95-100, 2005.

SANTANA, J. M. ; CARVALHO J. A. et al. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.240-246, 2009.

SILVA, E. I. L. Quality of irrigation water in Sri Lanka – status and trends. **Asian Journal of Water, Environment and Pollution**, v.1, p.5-12, 2004.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O arroz no Brasil** : evidências do censo agropecuário 2006 e anos posteriores. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 58 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 299).

SOUZA, A.B.O.; BEZERRA, M.A.; FARIA, F.C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.390-394, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 798p.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.441–446, 2005.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, p.503-527, 2003.

WAHID, A.; FAROOQ, M.; BASRA, S. M.A.; RASUL, E.; SIDDIQUE, K.H.M. Germination of Seeds and Propagules under Salt Stress.. In: PESSARAKLI, M (Ed.), **Handbook of Plant and Crop Stress**, 3rd Edition. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Publishing Company Revised and Expanded, p. 322-332, 2010.

ZAMBERLAN, C. O.; SONAGLIO, C. M. A produção orizicola brasileira a partir da década de 1990: evolução e perspectivas econômicas. **Qualistas Revista Eletrônica**. V. 1. N°. 4280, 2011.

ZENG, L.; POSS, J.A.; WILSON, C.; DRAZ, A.S.E; GREGORIO, G.B.; GRIEVE,

C.M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters.
Euphytica, Amsterdam, v.129, p.281-292, 2003.