



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

GILVANETE CABRAL DE MENDONÇA BARRETO

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia
neei* Lag. CONSORCIADA COM PALMA-MIÚDA,
SORGO-DO-SUDÃO E MILHETO**

Recife, 03 de agosto de 2020

GILVANETE CABRAL DE MENDONÇA BARRETO

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia
neei* Lag. CONSORCIADA COM PALMA-MIÚDA,
SORGO-DO-SUDÃO E MILHETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Arminda Saconi Messias

Co-orientador: Prof. Dr. Josimar Gurgel Fernandes (IPA)

Co-orientador: Dr. José Nildo Tabosa (IPA)

Recife, 03 de agosto de 2020

B273a Barreto, Gilvanete Cabral de Mendonça

Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag.
consorciada com palma miúda, sorgo-do-sudão e milho /

Gilvanete Cabral de Mendonça Barreto, 2020.

84 f. : il.

Orientador: Arminda Saconi Messias
Coorientadores: Josimar Gurgel Fernandes, José Nildo Tabosa
Mestrado (Dissertação) - Universidade Católica de Pernambuco.
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais.
Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2020.

1. Halófitas. 2. *Salicornia neei*. 3. Águas residuais - Purificação .
I. Título.


CDU 574.6

Luciana Vidal CRB-4/1338

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia neei* Lag. CONSORCIADA COM PALMA-MIÚDA, SORGO-DO- SUDÃO E MILHETO

GILVANETE CABRAL DE MENDONÇA BARRETO

Examinadores



Profa. Dra. Arminda Saconi Messias (Orientadora)
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP



Prof. Dr. Valdemir Alexandre dos Santos
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Profa. Dra. Eline Waked Ferreira Gomes
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

Defendida em: 03/08/2020.

Coordenadora: Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki

DEDICATÓRIA

Especialmente ao meu esposo Bruno Barreto e
às minhas filhas Jennifer, Brendha e Bianca.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem a minha Fé não teria ousado realizar esta etapa acadêmica, diante de tantos desafios.

À minha família, especialmente aos meus pais pela educação que me deram. E aos meus irmãos pelas palavras de carinho e incentivo que sempre me proporcionaram.

À Luzenir minha fiel escudeira, mãe de coração das minhas filhas.

À minha orientadora Profa. Dra. Arminda Saconi Messias pela sua paciência e disponibilidade em me orientar.

Aos meus colegas de turma, pelo incentivo e amizade, especialmente a Uiara pelo seu apoio e dedicação; sempre me ajudou.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para que eu conseguisse manter a caminhada, especialmente às minhas parceiras de trabalho, Elisa Belo, Mariana Advíncula e Marcia Soares, pela compreensão.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), local onde foi realizado o experimento. Em especial, aos funcionários dos Laboratórios de Fertilidade do Solo, de Física do Solo e de Análise de Planta, Ração e Água pelas análises laboratoriais.

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Josimar Gurgel Fernandes e o Dr. José Nildo Tabosa do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pelo apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

À Fundação para o Apoio da Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo auxílio pesquisa.

Especialmente à Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki, Coordenadora do Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, pelo acolhimento.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano	17
3.2 Dessalinizadores	18
3.3 Solos Afetados por Concentrações de Sais	19
3.4 Resposta das Plantas ao Estresse Salino	20
3.5 Plantas Halófitas	21
3.6 Aspectos Gerais da <i>Salicornia</i>	23
3.6.1 Característica da <i>Salicornia neei</i>	25
3.7 Aspectos Gerais de Palma-Miúda	29
3.8 Aspectos Gerais do Sorgo-do- Sudão	30
3.9 Aspectos Gerais do Milheto	32
3.10 Capacidade Extratora de Plantas	33
REFERÊNCIAS	36
CAPÍTULO II	47
ABSTRACT	48
1. INTRODUCTION	49
2. MATERIALS AND METHODS	50
3. RESULTS AND DISCUSSION	52
4. CONCLUSION	56
ACKNOWLEDGEMENTS	56
COMPETING INTERESTS	57
REFERENCES	57

CAPÍTULO III	59
ABSTRACT	60
1. INTRODUCTION	61
2. MATERIALS AND METHODS	62
3. RESULTS AND DISCUSSION	65
4. CONCLUSION	68
ACKNOWLEDGEMENTS	68
COMPETING INTERESTS	69
REFERENCES	69
CAPÍTULO IV	72
ABSTRACT	73
1. INTRODUCTION	74
2. MATERIALS AND METHODS	76
3. RESULTS AND DISCUSSION	78
4. CONCLUSION	82
ACKNOWLEDGEMENTS	83
COMPETING INTERESTS	83
REFERENCES	83
CAPÍTULO V	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	88

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Esquema do processo de dessalinização por osmose reversa.....	18
Figura 2 – Visão geral do plantio da <i>Salicornia neei</i> (a) e da sua floração (b)	27
Figura 3 - Floração feminina da <i>Salicornia neei</i> Lag.	28
Figura 4 - Floração masculina da <i>Salicornia neei</i> Lag.	28
Figura 5 - Visão geral da palma-miúda (<i>Nopalea cochenillifera</i>	29
Figura 6 - Visão geral do plantio do sorgo-do-sudão (<i>Sorghum sudanense</i>) (a) e sua panícula (b)	31
Figura 7 - Visão geral do plantio do milho (<i>Pennisetum glaucum</i>) (a) e detalhe da panícula (b)	33

CAPÍTULO II

Fig. 1. Results obtained for the production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from <i>Salicornia neei</i> intercropped, or not, with small palm (<i>Nopalea cochenillifera</i>), in three different textures of soils and irrigated with water and desalination waste.....	54
Fig. 2. Results obtained for the upward effect of green matter production - GMP (a) and dry - DMP (b) from <i>Salicornia neei</i> intercropped, or not, with small palm (<i>Nopalea cochenillifera</i>), in three different soil textures.....	55
Fig. 3. Results obtained for absorption of nutrients by <i>Salicornia neei</i> intercropped, or not, with small palm (<i>Nopalea cochenillifera</i>), in three different textures of soils and irrigated with water and desalinator tailings.....	56

CAPÍTULO III

- Fig. 1.** Results obtained for the production of green matter - (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense*, in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject66
- Fig. 2.** Results obtained for the upward effect of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense*, in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject.....67
- Fig. 3.** Results obtained for nutrient absorption by *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense* in three different textures of soils and irrigated with water and desalinator reject 68

CAPÍTULO IV

- Fig. 1.** Results obtained for the production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject.....80
- Fig. 2.** Results obtained for the upward effect of green matter production - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject.....81
- Fig. 3.** Results obtained for absorption of nutrients by *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soils and irrigated with water and desalination waste.....82

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II.....	47
Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment.....	51
CAPÍTULO III.....	59
Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment.....	63
CAPÍTULO IV.....	72
Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment.....	76

RESUMO

A região do Nordeste do Brasil ocupa 18,2 % do território brasileiro, sendo que 62 % está no polígono da seca. A região do semiárido tem suas características climáticas, pedológicas e hidrológicas conferindo à região restrições para o uso regular dos aquíferos, exigindo uma diversidade de vegetação resistente à seca e à salinização do solo. Em decorrência a esta particularidade, faz-se necessário o cultivo de plantas halófitas e gramíneas que suportem viver em solos com alto teor de salinidade, pois elas absorvem o sal colaborando para a recuperação dos solos e servindo de alimentação humana e animal. A busca por alternativas de baixo custo que se adequem à peculiaridade do ambiente é contínuo e requer alternativas eficientes que possam trazer benefícios para o agricultor local. Com esse trabalho avaliou-se o efeito do consórcio com a *Salicornia neei*, a *Nopalea cochenillifera* (palma-miúda), o *Sorghum sudanense* (sorgo-do-sudão) e o *Pennisetum glaucum* (milheto) submetidos à irrigação com rejeito de dessalinizador. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação na sede do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso. Os tratamentos foram constituídos do plantio da *Salicornia neei*, da Palma Miúda, do Sorgo-do-sudão e do Milheto, individualizados e em consórcio, em três texturas de solos (argilosa, arenosa e média), com dois tipos de irrigação (água e rejeito de dessalinizador), com delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Após 180 dias, observou-se que a *Salicornia neei* consorciada com a Palma-miúda (*Nopalea cochenillifera*) apresentou uma melhor produção de matéria verde (1.216,74 kg/ha) e seca (243,35 kg/ha), quando irrigadas com rejeito de dessalinizador e cultivadas no solo com textura arenosa. O plantio somente do *Sorghum sudanense* apresentou uma melhor produção de matéria verde (400 kg/ha) e seca (80 kg/ha), quando irrigado com rejeito de dessalinizador e cultivado no solo com textura argilosa. A *Salicornia neei* em consórcio com o *Sorghum sudanense*, apresentou melhor absorção de sódio (5,91 %), potássio (2,53 %), cálcio (1,77 %) e magnésio (3,29 %) no solo com textura argilosa e irrigada com rejeito de dessalinizador. O consórcio *Salicornia neei* e *Pennisetum glaucum*, no solo com textura argilosa, apresentou melhores resultados para fibra total (25,05 %), nitrogênio total (1,20 %) e proteína total (7,54 %), quando irrigado com água; e maior absorção de sódio (1,79 %), quando irrigado com rejeito de dessalinizador.

Palavras-chave: Plantas halófitas. Rejeito. Cactáceas. Gramíneas. Sal verde.

ABSTRACT

Brazil's Northeast region covers 18.2% of the Brazilian territory, and 62% is in the drought polygon. The semi-arid region has its climate, soil and hydrological giving the region restrictions for regular use of water supplies, requiring a diversity drought resistant vegetation and soil salinization; due to this feature, it is necessary the cultivation of halophytes and grasses that support live in soils high in salinity because they absorb the salt contributing to the recovery of soils and serving of food and feed. It is irrigated with desalination of waste, minimizing environmental impacts. The search for low-cost alternatives that suit the particular environment is continuous and requires efficient alternatives that can bring benefits to the local farmer. This work evaluated the effect of the consortium with the *Salicornia neei*, the *Nopalea cochenillifera* (small palm), the *Sorghum sudanense* (sorghum sudan), the *Pennisetum glaucum* (millet) submitted to irrigation with desalinator. The experiment were carried out in greenhouse in the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco. The experimental design was randomized block. The treatments consisted of individual planting of *Salicornia neei* and Small palm, *Salicornia* and Sorghum, *Salicornia* and Millet, individually and in a consortium, in three soil types (clay, sandy and medium) using two types of irrigation (water and reject desalinator) with a randomized block design, with three repetitions. After 180 days, it was observed that the consorciated *Salicornia neei* and Palm (*Nopalea cochenillifera*) presented a better production of green (1,216.74 kg/ha) and dry (243.35 kg/ha) matter, when irrigated with desalinator reject and cultivated in the soil with sandy texture. The planting of only *Sorghum sudanense* presented a better production of green (400 kg/ha) and dry (80 kg/ha) matter, when irrigated with desalinator reject and cultivated in the soil with clayey texture. *Salicornia neei* in consortium with *Sorghum sudanense* showed better absorption of sodium (5.91%), potassium (2.53%), calcium (1.77%) and magnesium (3.29%) in the soil with clayey texture and irrigated with desalinator reject. The *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum* intercropping, in soil with clayey texture, presented better results for total fiber (25.05%), total nitrogen (1.20%) and total protein (7.54%) when irrigated with water; and higher sodium(1.79%) absorption when irrigated with desalinator reject.

Keywords: Halophytes. Reject. Cactuses. Grasses. Green salt.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil ocupa 18,2 % do território brasileiro, sendo que 62 % está definida no polígono das secas. É muito afetada pelas estiagens, sobretudo na região semiárida, onde o setor mais prejudicado é o agrícola, com perdas parciais ou totais na sua produção de subsistência. As estiagens comprometem não só o abastecimento de água, mas, também, a recarga hídrica, devido a irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas, mas de curta duração (FECHINE; SANTOS, 2012 citados por RODRIGUES et al., 2019; SILVA M.J. et al., 2018).

No Nordeste brasileiro, há uma grande exploração dos recursos naturais, no extrativismo vegetal, no pastejo de áreas nativas e no aproveitamento agrícola, através de práticas de manejo do solo, na maioria das vezes de forma inadequada, causando degradação ambiental, onde o principal impacto é a erosão hídrica e o empobrecimento do solo, com perdas de nutrientes e matéria orgânica (VILAR; MEDEIROS, 2019).

Na região semiárida nordestina, apesar da predominância de um subsolo constituído pelo embasamento cristalino, este possui fraturas, ocorrendo deslocamento e armazenamento de águas subterrâneas, que são protegidas de agentes poluidores e da evaporação, o que favorece a perfuração de poços. Essa região é muito peculiar, tem suas características climáticas, pedológicas e hidrológicas com restrições para o uso regular dos recursos hídricos (BEZERRA, V.R. et al., 2019).

Segundo Bezerra et al. (2019) e Almeida e Santos (2018) na região semiárida há restrições para o uso regular dos recursos hídricos; a sua vegetação xerófila é própria da caatinga possuindo uma vasta biodiversidade de vegetais (únicas no mundo) resistentes à escassez de água e nutrientes do solo. Há um desequilíbrio no ecossistema causados por fatores bióticos e abióticos; mais de 50 % do bioma da caatinga sofreu degradação por ações antrópicas, onde boa parte da vegetação nativa foi extinta.

Diante dos resultados de estudos científicos é possível afirmar que é preciso implementar ações de mitigação na solução da falta d'água tanto para o abastecimento quanto para o plantio na agricultura, especificamente à população rural, usando tecnologias apropriadas para este fim. A dessalinização é uma forma de mitigar a carência de água potável, através da osmose reversa; mas esse processo produz uma grande quantidade de rejeito altamente salino e poluidor, podendo causar contaminação no lençol freático e impactos ambientais na água e no solo (NEVES et al., 2017).

Descartar a água residual dos dessalinizadores de forma aleatória traz sérios danos ambientais, prejudicando o crescimento e a produtividade das plantas, tendo o seu processo fisiológico alterado, surgindo daí a necessidade do cultivo de plantas halófitas resistentes à salinidade e que podem servir como alimentação humana e animal, favorecendo a economia para os produtores (MELO; GOMES; MESSIAS, 2019). Dessa forma, o cultivo de espécies halófitas na região semiárida, contribui para a minimização dos efeitos negativos da utilização inadequada de rejeitos de dessalinizador, sobretudo a *Salicornia neei* cultivada para a recuperação de áreas degradadas, servindo de alimentação humana e animal, trazendo benefícios para as comunidades rurais (SILVA et al., 2019a).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de consorciação com a *Salicornia neei* irrigada com rejeito de dessalinizador, para avaliação das respectivas produtividades da *Nopalea cochenillifera* (palma-miúda), do *Sorghum sudanense* (sorgo-do-sudão) e do *Pennisetum glaucum* (milheto), contribuindo para a minimização da salinidade de solos do semiárido pernambucano e ressaltando a importância das plantas para o consumo animal e humano.

2.2 Objetivos Específicos

- Acompanhar o desenvolvimento da *Salicornia neei*, da *Nopalea cochenillifera* (palma-miúda), do *Sorghum sudanense* (sorgo-do-sudão) e do *Pennisetum glaucum* (milheto) em cultivo de casa de vegetação, submetidos à irrigação com rejeito de dessalinizador.
- Realizar testes em relação ao efeito do consórcio da *Salicornia neei* com a *Nopalea cochenillifera*, o *Sorghum sudanense* e o *Pennisetum glaucum* sobre o crescimento e a produtividade em cultivo de casa de vegetação, submetidos à irrigação com rejeito de dessalinizador.
- Identificar a eficiência de fitoextração da *Salicornia neei*, da palma, do milheto e do sorgo-do-sudão em solos com diferentes texturas e tipos de irrigação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano

A região semiárida do Nordeste brasileiro é marcada caracteristicamente pelas limitações pluviométricas e sua elevada evapotranspiração, má distribuição das chuvas espacial e temporal, temperaturas inconstantes e clima árido, ocasionando a escassez hidroclimatológica. É uma região que precisa de um planejamento ambiental contínuo, a fim de reduzir os impactos de degradação. A limitação hídrica prejudica diretamente a agricultura, cuja atividade é grande consumidora de água (BEZERRA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2019).

O estado de Pernambuco é um dos nove estados inseridos na região Nordeste; seu clima é variável estando condicionado ao relevo e fatores fisiográficos. A maior parte do território pernambucano tem o clima semiárido. O Sertão possui características hidrológicas mais desfavorecidas em relação às demais regiões; sua baixa taxa pluviométrica varia de 400 a 800 milímetros, com um período mais chuvoso nos primeiros quatro meses do ano, havendo uma necessidade de captação dessa água através de grandes barragens para suprir o período de estiagem (NÓBREGA et al., 2019; SILVA, M.J. et al., 2018).

Os efeitos da seca no Nordeste brasileiro tem sido alvo de pesquisas à procura de mecanismos que tenham alternativas biotecnológicas como uma forma de mitigar o déficit hídrico, seja através do aproveitamento de águas pluviais, águas residuárias e a dessalinização (BEZERRA et al., 2019; FARIAS; VIEIRA, 2019).

As águas superficiais potáveis estão cada vez mais escassas, inclusive na região do semiárido nordestino; portanto, devido a essa escassez, o consumo de águas subterrâneas é uma alternativa para a população nativa, como uma forma de suprir o abastecimento. No entanto, há restrições em seu uso, devido ao alto teor de sais dissolvidos na sua composição (GOMES FILHO et al., 2019; NEVES et al., 2017).

Nas áreas rurais do Agreste pernambucano é comum o uso de poços para a captação de água subterrânea, sendo muitas vezes, imprópria para o consumo humano, dessedentação animal e irrigação agrícola, em virtude da alta salinidade. A principal causa é o contato da água no subsolo com as rochas cristalinas, ao longo do tempo, salinizando os aquíferos (CAETANO; SILVA NETO, 2018; OLIVEIRA et al., 2018).

Segundo Farias e Vieira (2019) a região do semiárido é considerada vulnerável no contexto ambiental, econômico e social, passiva de degradação do ambiente, muitas vezes

pelo mau uso agrário associado a fatores de variabilidade de mudanças climáticas; conseqüentemente, o ecossistema sofre desequilíbrio alterando a vida da população local.

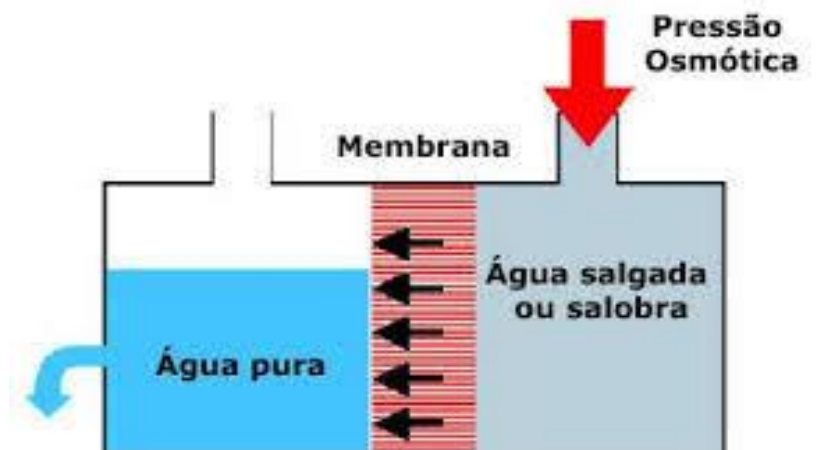
3.2 Dessalinizadores

A água é um bem indispensável à manutenção da vida; mas, em virtude do desenvolvimento econômico e o aumento populacional, os recursos hídricos estão cada vez mais escassos, sobretudo nas regiões do semiárido do Nordeste brasileiro. A população local vive sob o estresse hídrico, buscando alternativas tecnológicas que possam mitigar essa carência de água doce/potável, uma vez que as águas subterrâneas são salinas/salobras, inviáveis ao consumo humano, animal e para o uso agrícola (VILLES et al., 2019).

Segundo Oliveira et al. (2019), em nível global, as regiões áridas e semiáridas são suscetíveis à salinização devido ao conjunto de características do solo como fatores climáticos, precipitação pluviométrica irregular, altas temperaturas e alto potencial de evapotranspiração. Em virtude desses fatores, os recursos hídricos disponíveis em barragens, planícies e poços subterrâneos tem sua qualidade de água comprometida devido ao alto teor de sais. Estima-se que no Brasil nove milhões de hectares da região semiárida do Nordeste sejam afetados pela salinidade, onde cerca de 11 % da terra irrigada é salinizada.

O solo salinizado na região semiárida de Pernambuco é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores locais, pois são obrigados a usar água com elevadas concentrações de sais para irrigação e na produção de alimentos (SILVA et al., 2019a).

Figura 1 - Esquema do processo de dessalinização por osmose reversa



Fonte: Signorelli (2015).

Segundo Caetano e Silva Neto (2018) e Lisauskas e Caritá (2018), a osmose reversa (Figura 1) é um processo natural que ocorre quando duas soluções, de concentrações diferentes, estão sendo separadas por uma membrana semipermeável, ou seja, permeável para solventes, e impermeável para solutos com porosidade suficiente para que passe somente água e nada mais. A pressão osmótica pressiona a água do meio diluído para o meio mais concentrado, a fim de se atingir um equilíbrio na concentração de ambos. A água pura e a solução agora mais concentrada são retiradas de forma contínua, de modo que a pressão osmótica e a concentração de sais se mantenham em nível aceitável para que o processo não seja interrompido. A água assim obtida é denominada de produto e a solução concentrada de rejeito.

O método tecnológico do uso de equipamentos de dessalinização, principalmente usado em grande escala, tem seu descarte de rejeito próximo a áreas de oceanos, enquanto de menor capacidade é disposto na superfície do solo e nos corpos hídricos, embora os riscos ambientais sejam imensos, pois os dessalinizadores produzem água potável, mas, também, águas residuais (rejeitos salinos) que são descartados inadequadamente no solo, provocando o elevado índice de sais e toxicidade na região superficial. O uso de dessalinizadores na região semiárida nordestina lançam entre 40 e 60 % de rejeitos salinos no ambiente (GOMES FILHO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

3.3 Solos Afetados por Concentrações de Sais

Na região Nordeste do Brasil, devido ao crescimento populacional, a demanda econômica para a produção alimentícia, tem resultado no avanço da área de solos degradados por sodicidade (acúmulo de íons sódio) e salinidade (concentração total de sais solúveis), precisamente nas regiões áridas e semiáridas, em decorrência de ação antrópica, fazendo uso de águas salinas na irrigação, drenagens deficientes, fertilizantes em alta escala aplicados na agricultura, onde uma das ações naturais é a intemperização das rochas em menor grau, eclodindo na formação de solos com elevada concentrações de sais (RIBEIRO et al., 2016 citados por SANTOS et al., 2019; GALDINO et al., 2018).

De acordo com Lima et al. (2019), a salinização do solo e da água é classificada como um dos estresses abióticos mais limitantes ao cultivo e ao desenvolvimento das culturas, especialmente na região semiárida nordestina brasileira, devido ao seu clima peculiar. Os sais em alto teor de concentrações no solo, são considerados agentes estressantes para o plantio,

embora esse efeito dependerá do cultivar, tipo de sais, condições climáticas, tempo do estresse, manejo de irrigação.

A irrigação com águas salinas pode estimular alterações fotossintéticas das plantas, implicando na sua produtividade e crescimento, resultando na diminuição e/ou na inexistência da produção agrícola em determinadas áreas, ocasionando abandono dessas terras e provocando graves impactos negativos socioeconômicos para uma determinada parcela da população local (ALBUQUERQUE; FONSECA; SANTOS, 2018; SILVA, M.R.M. et al., 2018).

Na região do semiárido é predominante a presença de elevados níveis de sais nos solos, o manejo da irrigação de forma inadequada, a evapotranspiração, baixa precipitação, descarte de rejeito de dessalinizadores, que são fatores que potencializam o acúmulo de sais na superfície do solo, prejudicando o desenvolvimento das culturas e sua produtividade, exceto de alguns vegetais que são tolerantes à salinidade, pois tem característica fisiológica que se adapta ao clima e ao solo salino (GOMES FILHO, A. et al., 2019; SILVA, C.B. et al., 2019).

Segundo Azevedo et al. (2018), o uso indevido de fertilizantes solúveis, a falta de percolação dos sais acumulados e irrigação com água salina, além de provocar a salinidade do solo, prejudica o cultivo das plantas, atrapalhando a interação entre água-solo-plantas. A consequência da salinização no solo é a diminuição da fertilidade, limitando o desenvolvimento vegetativo das culturas.

Ainda sobre salinidade, Gomes Filho, A. (2019) ressalta que as altas concentrações de íons na solução dos sais, proporciona a diminuição do potencial hídrico, deixando a água retida osmoticamente na solução salina, ficando cada vez menos disponível.

3.4 Resposta das Plantas ao Estresse Salino

O solo salino predominante nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, possui um elevado teor de sais, em grande potencial o cloreto de sódio (NaCl), onde seus efeitos acumulativos nas plantas, prejudicam seu crescimento, sendo estes um dos fatores de estresse salino para os vegetais; a água é retida osmoticamente, o que dificulta a absorção da água pelas raízes. O excesso de íons tóxicos acumulados, provocam distúrbios nutricionais e metabólicos; isso, geralmente, ocorre quando o estresse salino é de longa duração. Esses efeitos causam a redução do crescimento nas cultivares, a partir da germinação, provocando a diminuição na produtividade, apesar de a resposta das plantas à salinidade do solo estar

relacionada à sua fisiologia e ao seu metabolismo vegetal (GALDINO et al., 2018; CAROLINO et al., 2017; CARVALHO et al., 2017).

Segundo Lima et al. (2019) e Carvalho et al. (2017), a salinidade da água e do solo, os fatores climáticos, temperaturas elevadas, seca, elevação do pH e da condutividade elétrica e a baixa permeabilidade são os principais estressores abióticos que limitam o desenvolvimento e crescimento das plantas. A germinação se inicia com a absorção da água por embebição, sendo fundamental que a semente alcance uma hidratação necessária, para que seu processo metabólico seja reativado para a formação das plântulas.

A salinidade pode inibir o desenvolvimento das culturas, comprometendo a aquisição de elementos essenciais, causando danos morfológicos. As plantas mobilizam os seus mecanismos de defesa, na tentativa de conter o estresse salino, realizando a adaptação osmótica, como uma maneira eficaz à manutenção celular através da diminuição da fenda estomática, ou seja, os estômatos (são meios importantes para a atividade fotossintética e transpiração dos vegetais sob estresse salino) pequenos são capazes de responder com mais rapidez à seca (CRUZ et al., 2019; LEMES et al., 2018).

A salinidade, além de provocar os estresses bióticos e abióticos, comprometendo o desempenho das culturas cultivadas, causa impactos negativos na estrutura química e na microbiota do solo, tornando-o inviável à produção da agricultura (SILVA, J.R.I. et al., 2018).

De acordo com Azevedo et al. (2018) e Galdino et al. (2018) existem algumas espécies que devido à sua tolerância ao sal, conseguem sobreviver em ambientes salinos com baixo potencial hídrico, como, por exemplo, as plantas halófitas, as quais tem aspectos bioquímicos e fisiológicos compatíveis à essas condições; elas absorvem o cloreto de sódio (NaCl), acumulando-o na parte aérea, estabelecendo desta forma, um equilíbrio osmótico. Essas cultivares colaboram para mitigar problemas na agricultura, ajudando na economia dos agricultores locais.

3.5 Plantas Halófitas

O cultivo de plantas halófitas (halos = sal; phyta = planta) estão ganhando espaço, devido às dificuldades relacionadas com a obtenção de culturas tolerantes ao sal. O uso de plantas halófitas tem o potencial de recuperar o solo salino, por atividades agropecuárias, ocupando lugares que estão inexplorados. São plantas terrestres, mas adaptáveis a viverem em áreas salinas, como por exemplo: mar, manguezais, regiões áridas e semiáridas, onde possuem alto teor de sais (ORREGO et al., 2018).

Halófitas são plantas promissoras, usadas para diferentes tipos de aplicações devido à composição química e características fisiológicas especiais que possibilitam o crescimento em ambientes salinos. Essas plantas também têm a capacidade para acumular metais pesados, tornando-as propícias para fitoextração e fitoestabilização (COSTA; BONILLA, 2016).

As halófitas absorvem nas suas folhas (parte aérea) o cloreto de sódio em altas taxas; possui habilidade de remover sais do solo, estabelecendo um equilíbrio osmótico, conseguindo assim, sobreviver, crescer e se desenvolver nessas condições. São vegetais capazes de serem cultivados em solos com alto teor de salinidade e irrigação com água salobra. Suas características permitem gerar biomassa com um relevante teor nutritivo para a alimentação humana e animal, rica em elementos minerais, vitaminas e alto teor proteico (FIGUEIRA et al., 2019).

Segundo Costa e Bonilla (2016) existem 16 espécies de halófitas pertencentes a sete famílias. Entre as espécies mais abundantes, eles destacaram: *Sesuvium portulacastrum*, *Blutaparon vermiculare* e *Portulaca pilosa*, como dicotiledôneas suculentas que também ocorrem em planos hipersalinos de Manguezais; as exóticas *Brachiaria mutica*, *Cynodon dactylon* (ambas *Poaceae*) e *Atriplex nummularia* (*Amaranthaceae*) muito bem-adaptadas ao ambiente da Caatinga; e cinco espécies da família *Malvaceae* (*Herissantia crispa*, *Herissantia tiubae*, *Sida galheirensis*, *Sida cordifolia* e *Melochia tomentosa*).

Alguns tipos de halófitas são usadas na gastronomia, na alimentação animal, como ervas medicinais; portanto é fundamental que se defina as condições ideais de cultivo e como os fatores abióticos e bióticos influenciam a produtividade e a qualidade nutricional desses vegetais. O cultivo dessas plantas, contribui para a recuperação de solos degradados, produção de biomassa, bem como a dessalinização de água salina, contribuindo com o ambiente (PARRA; MOLANO; MARTINEZ, 2019; COSTA; BONILLA, 2016).

No Brasil, a halófitas forrageira mais pesquisada e utilizada na alimentação de ruminantes é a *Atriplex nummularia* L. (erva sal), se apresentando como uma planta forrageira arbustiva exótica, vivendo em ambientes áridos e semiáridos de diversos continentes, tendo um bom desenvolvimento em regiões salinas e com potencial de fitoextração de sais. A espécie *Copernicia prunifera* é caracterizada como planta halófitas em virtude de se desenvolver em áreas com solos salinizados no semiárido brasileiro, servindo de revegetação em área degradada. Suas folhas fornecem um pó, principal matéria-prima da cera de carnaúba; suas folhas servem de alimentação animal; crescem ao longo de rios, vales e lagoas do nordeste brasileiro. A planta *Gossypium hirsutum* L. conhecido como algodão é

nativo da América Central e sendo tolerante às condições salinas, se desenvolve na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (MELO; GOMES; MESSIAS, 2019; CARVALHO et al., 2015).

Segundo Alves et al. (2019), o Brasil possui uma rica flora de halófitas com um potencial biotecnológico e econômico intenso para a produção de alimentos e substâncias bioativas, como também para a fitorremediação, recuperando os solos salinos e sódicos, minimizando o excesso de sais.

3.6 Aspectos Gerais da *Salicornia*

Foi introduzido no mercado europeu, um vegetal sem folhas semelhantes ao aspargo verde chamado de *Salicornia*. Os seus caules carnudos são altamente procurados para cozinhas *gourmet*, não só pelo seu sabor salgado, mas também pelo seu valor nutricional em termos de minerais e vitaminas antioxidantes, β -caroteno; ao mesmo tempo, tem sido utilizada para fins industriais, terapêuticos e alimentares. É uma planta que mede de 40 a 50 cm, possui caules suculentos e suas ramificações são compostas por pequenos nódulos. Concentra água na sua estrutura, sendo uma erva diurética. É caracterizada pela elevada concentração de sal na sua morfologia, conhecida popularmente como “sal verde” (SILVA et al., 2019b; KURMANBAYEVA et al., 2017).

Segundo estudos, a *Salicornia* é uma halófito pertencente à família *Amaranthaceae*, que na idade adulta é altamente tolerante à salinidade. O gênero *Salicornia*, é constituído pelas espécies *S. pacifica*; *S. subterminalis*; *S. virginica*; *S. borealis*; *S. ramosissima*, *S. maritima*; *S. rubra* e *S. bigelovii*. Seu gênero apresenta caules esponjosos com escalas; as folhas, flores e frutos são discretos. Já o gênero *Sarcocornia* é apresentado como plantas perenes, ramificadas, com ramos prostrado-ascendente, cuja altura varia de acordo com a espécie, mas, geralmente, não é maior que 70 cm (BURBOA et al., 2017; PATEL, 2016).

Geralmente, a *Salicornia* está presente nas áreas de pântanos mais salinos, adaptada para o elevado teor de sal, devido a sua formação de células de armazenamento de água, criando uma típica aparência suculenta, e pelo acúmulo de solutos que mantêm baixo teor de água potencial dentro do tecido, permitindo uma absorção de água suficiente; mesmo em ambientes hipersalinos é uma planta altamente tolerante ao sal, podendo ser cultivada com a água de irrigação que possui salinidade tão elevada quanto a água do mar (FIGUEIRA et al., 2019; WITTE et al., 2018).

Segundo Patel (2016), a *Salicornia europaea* é encontrada nas bordas das zonas úmidas, pântanos e margens do mar. A sua distribuição geográfica abrange a Grã-Bretanha,

França e Irlanda. Suporta tolerância em relação à salinidade. É utilizada para fins comestíveis e não comestíveis.

A *Salicornia herbácea*, encontrada na Coreia, contém elevados níveis de betaína, responsável por diminuir o nível de homocisteína no sangue, evitando doenças cardiovasculares; possui um potencial antioxidante e é usada para fins farmacêuticos também. A sua parte aérea é usada em saladas e processadas em pickles (ROMERO et al., 2019; IPA, 2018; PATEL, 2016).

A *Salicornia bigelovii* é uma outra espécie de halófito da família *Chenopodiaceae*. Tem uma importância agroindustrial, podendo ser utilizada como alimento humano, cosméticos, onde suas sementes oleaginosas (óleo e farinha) servem de alimentos para animais; no entanto, não há informações suficientes sobre a qualidade e conteúdo do óleo desta espécie. Foram identificadas composições qualitativas e quantitativas de ácidos graxos nas sementes de *Salicornia bigelovii* cultivada na Arábia Saudita; além de ser antioxidante, também é recomendada para consumo animal ou produção de biodiesel. Houve um estudo no Arizona, EUA, e concluíram que ovinos e caprinos alimentados com dietas contendo *S. bigelovii* ganhou tanto peso, como aqueles alimentados com uma dieta contendo feno e, a qualidade de sua carne não foi afetada pela ingestão de uma dieta rica em *S. bigelovii* (BURBOA et al., 2017; AL-RASHED et al., 2016; GUNNING, 2016).

De acordo com Bresdin et al. (2016), o cultivo controlado de várias espécies adquiridas em vários habitats mostrou resultados diferentes. *S. bigelovii* foi cultivado em casa de vegetação, o que refletiu que o rendimento da colheita pode variar dependendo das plantas provenientes de diferentes habitats. O ambiente da estufa reduziu a biomassa e a produção de frutos, apesar do cultivo ter sido bem sucedido.

Evidentemente, essas plantas, por habitarem em locais onde existe alta concentração de sal, criaram formas de adaptação a estas condições extremas, como por exemplo, o desenvolvimento da suculência nas folhas, que resulta no aumento da relação volume/área externa. Na existência de grande concentração de cloreto de sódio no meio externo há absorção de potássio e sódio, como também inibição do crescimento e produtividade, como resposta ao estresse salino (DONCATO; COSTA, 2018).

Segundo os estudos realizados na Província de Guaya, no Equador, por Rondón et al. (2018) e Patel (2016), revelaram que a espécie *Salicornia fruticosa* contém presença de alcaloides, flavonoides, taninos, antraquinonas, quinonas, menor proporção de triterpenos e saponinas e extrato de etanol; alto teor de sal, por suas características de planta halófito,

possui atividade antibacteriana e propriedades anti-hipertensivas, conhecida, na medicina popular, como analgésico para dor de dente, reumatismo crônico, obesidade, diabetes, câncer, estresse oxidativo, inflamação, asma, hepatite e gastroenterite.

De acordo com Costa et al. (2018), a composição genética das halófitas pode determinar a sua tolerância fisiológica de alta salinidade e a sua produção de bioativos, sobretudo relacionados com os sistemas antioxidantes.

Constata-se que a *Salicornia* é um tipo de planta que tem uma utilização muito diversificada, desde a recuperação de áreas degradadas, produção de biomassa, à alimentação animal e humana (SILVA et al., 2019a).

3.6.1 Característica da *Salicornia neei*

A *Salicornia neei* Lag é uma halófito nativa do Brasil e era anteriormente chamada de *Salicornia gaudichaudiana* Moq., *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo. É uma halófito da região costeira que cresce em solos com salinidade intersticial elevada (16 a 55 dS/m) apresentando grande potencial biotecnológico como uma cultivar que pode ser irrigada com água salgada, consumida como vegetal fresco no setor gourmet ou industrializada (picles, cervejas e biosal), bem como usada para ração animal. Os caules de *S. neei* apresentam elevado teor mineral e propriedades bioativas. Dentre as inúmeras formas de processamento para comercialização deste vegetal, os caules frescos como vegetal marinho e salada, ou mesmo em conserva, são uma alternativa fortemente valorizada no mercado europeu, onde já vem sendo consumida por humanos há séculos, devido aos seus benefícios, tais como proteção contra estresse oxidativo, aumento da imunidade (ALVES; LUCENA; BONILA, 2019; COSTA; KADEREIT; FREITAS, 2019; COSTA et al., 2018; DE SOUZA et al., 2018; DONCATO; COSTA, 2018; SCHARDONG; BONILLA; SANTAELLA, 2018).

De acordo com Tropicos (2020), esta halófito pertence à classe *Equisetopsida*, subclasse *Magnoliidae*, à ordem *Caryophyllales*, à família *Amaranthaceae*, ao gênero *Salicornia* e à espécie *Salicornia neei*.

As suas folhas apresentam vértice arredondado a subagudo. Possui estruturas florais reduzidas, com inflorescências (150 x 4 mm) dispostas em um ponto terminal no ápice das brácteas. Suas sementes possuem diâmetro de 1,4 x 0,9 mm e são cobertas em seus bordos por tricomas (50 a 95 µm). O sistema radicular produz poucas ramificações e tende a ser

superficial, muitas vezes penetrando menos de 10 a 20 cm no solo (ALVES; LUCENA; BONILLA, 2019; LOPES; CAVALEIRO; RAMOS, 2017).

A *Salicornia* se apresenta na forma de haste (caule) suculenta com altura máxima de 40 a 50 cm, ereta ou inclinada, possui ramificações compostas por pequenos nódulos, de forma cilíndrica e segmentada, correspondendo aos pares de folhas fusionadas sobre a haste. Apresentam-se hastes de cores verde e avermelhada, esta última devido à presença de betacianina; no entanto, suas hastes têm vida útil curta, exigindo uma técnica de armazenamento apropriada para garantir sua qualidade (AMEIXA et al., 2016).

Os caules e as sementes dessa espécie apresentaram elevada qualidade nutricional, com altos teores de minerais, como K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} , de ácido palmítico e ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o ácido linoleico, ω -6, e o ácido oleico, ω -9, além de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (COSTA et al., 2018; DE SOUZA, et al., 2018; BERTIN et al., 2016; TIMM et al., 2015; BERTIN et al., 2014).

A *Salicornia neei*, por apresentar ciclo de vida perene pode sobreviver por vários anos, podendo ser propagada por sementes ou através de crescimento vegetativo, devido à sua capacidade caulinar de rebrotamento após a poda. Apresenta floração entre novembro e março. A produção de biomassa e subprodutos da *S. neei* permite a utilização de áreas antes não exploradas, contribuindo para a preservação de mananciais de água doce (ALVES; LUCENA; BONILLA, 2019; SILVA et al., 2019a).

Visto que a *Salicornia neei* cresce no limite superior da maré, passa longos períodos do seu desenvolvimento fora de água, sofrendo com elevada exposição aos raios ultravioleta (UV). Um estudo revela que esta espécie exibe uma resposta fotoprotetora aos raios UV, relacionada com o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante da mesma. O crescimento da *Salicornia neei* é influenciado pela salinidade do meio. Esta halófita apresenta um crescimento ótimo às salinidades baixas ou moderadas, em vez de salinidades elevadas, pelo que é considerada uma halófita não obrigatória (SILVA et al., 2019a).

A *Salicornia neei* (Figura 2) é um exemplo de halófita utilizada para fitorremediação de rejeitos/efluentes salinos, produção de biomassa vegetal para diferentes finalidades e restauração de ambientes costeiros. A espécie *Salicornia neei* tem despertado grande interesse nos últimos anos, por ser um vegetal comestível e tem um notório poder comercial, disponível no mercado brasileiro nas versões em pó e/ou em conserva (FIGUEIREDO et al., 2020; ALVES; LUCENA; BONILLA, 2019; ROMERO et al., 2019; SILVA et al., 2019a).

A *Salicornia neei*, halófito litorânea é uma das espécies considerada uma cultura alternativa multifuncional para a maioria das regiões áridas e semiáridas do mundo, inclusive vem sendo cultivada no semiárido nordestino brasileiro, devido a sua fisiologia (da floração à frutificação) adaptável à vários fatores ambientais, como: salinidade do solo e água, baixo índice pluviométrico e seca. Na Caatinga, o brotamento de ramos vegetativos é constante em todos os indivíduos masculino e feminino (Figuras 3 e 4). É uma erva comestível e de notório poder comercial (ALVES et al., 2019; ROMERO et al., 2019).

Figura 2 - Visão geral do plantio da *Salicornia neei* (a) e da sua floração (b)



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3 - Floração feminina da *Salicornia neei* Lag.

Fonte: Alves et al. (2019).

Figura 4 - Floração masculina de *Salicornia neei* Lag.

Fonte: Alves et al. (2019).

3.7 Aspectos Gerais da Palma-Miúda

A palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) pertence à família *Cactaceae* (Figura 5). É uma planta xerófita do bioma Caatinga, que se destaca devido ao seu grande potencial de cultivo e produção de forragem nas regiões semiáridas do Brasil, sendo uma fonte de alimento alternativo para os rebanhos instalados no Nordeste, em virtude da limitação do crescimento de outras forrageiras, devido ao baixo índice pluviométrico, sobretudo na época de estiagem. São cactáceas capazes de obterem alta eficiência no uso da água, sendo bastante cultivada nas regiões secas nordestinas (SOUZA et al., 2019; FELIX et al., 2018; FROTA et al., 2015).

Figura 5 - Visão geral da palma-miúda
(*Nopalea cochenillifera*)



Fonte: Google Depositphotos (2020).

A palma forrageira é uma planta que possui mecanismos das crassuláceas, conferindo elevada tolerância a ambientes quentes e com déficit hídrico, caracterizada por apresentar pequenas folhas, que após seu envelhecimento são substituídas pelos cladódios ou raquetes, sendo estes responsáveis pelas funções fotossintéticas da cactácea, exigindo baixa carga

hídrica, fator peculiar para o cultivo dessa planta, pois é uma cultura tolerante às condições edafoclimáticas, possuindo uma excelente fonte de energia, sendo rica em carboidratos não fibrosos e nutrientes. O seu cultivo vem ganhando espaço com o aumento da desertificação, cujas tecnologias e culturas adequadas colaboram com o desenvolvimento sustentável (NUNES et al., 2020; BRASIL et al., 2018; FROTA et al., 2015).

A cultura da palma forrageira é exigente quanto às características físico-químicas do solo, que precisam ser férteis e possuem boa drenagem; sua adaptabilidade corresponde preferencialmente a solos argilo-arenosos. A palma responde satisfatoriamente à adubação orgânica como à fertilização química. A sua viabilidade produtiva é uma oportunidade socioeconômica para os agricultores locais, pois substitui determinadas rações onerosas, diminuindo os custos na alimentação animal (BRASIL et al., 2018; DUBEUX JÚNIOR; SANTOS; SANTOS, 2016).

É de suma importância um bom manejo da palma forrageira para o desenvolvimento satisfatório e obter altas produções de forragem em regiões com escassez de chuvas. Ressaltando que, as práticas ideais de manejo proporcionam à planta expressar seu melhor potencial produtivo, sobretudo em regiões com elevada sazonalidade de produção e irregularidade de chuvas como o semiárido. Desse modo, o aumento da densidade de plantio pode proporcionar uma maior eficiência do uso do solo e da área cultivada, levando-se em consideração, o controle de praga e doenças e a época do ano para o plantio (SILVA, A.S. et al., 2019).

3.8 Aspectos Gerais do Sorgo-do-Sudão

O sorgo forrageiro (Figura 6) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae* sendo muito cultivado nas pastagens do Brasil, devido ao baixo custo de produção e a sua fácil adequação em diferentes regiões climáticas do País. O sorgo-do-sudão (*Sorghum sudanense*) é uma forrageira anual, tem grande potencial de crescimento e resistência à seca; detém uma qualidade nutritiva, possui folhas longas e abundantes, colmo fino e suculento, medindo até dois metros de altura, de fácil manejo para corte e pastejo e alta capacidade de produção. O sorgo vem ganhando destaque, principalmente em regiões com longos períodos de estiagens, onde há limitação na produção de grãos e forragens (RODRIGUES et al., 2020; KIRCHNER et al., 2019).

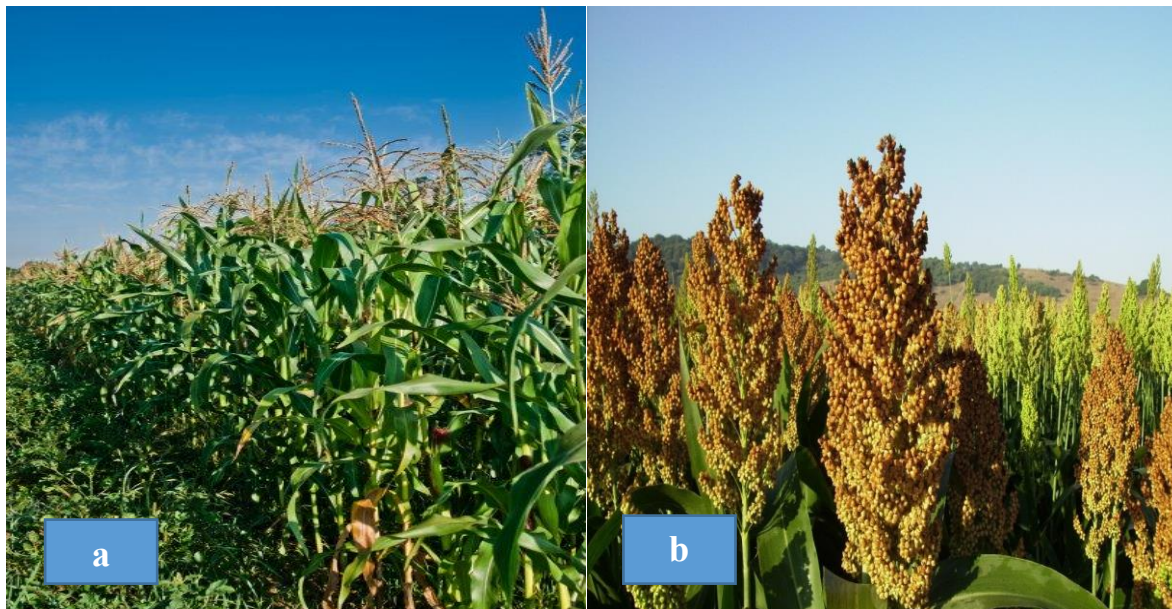
De acordo com Kirchner et al. (2019), a escolha do cultivo do sorgo pelos agricultores, se dá através da adaptabilidade da cultura ao clima, resistência a elevadas temperaturas e

sua elevada produção de biomassa. É de fundamental importância uma irrigação correta, como uma forma de mitigar a evapotranspiração no sistema de produção, criando possibilidades para uma alimentação nutritiva e de boa qualidade.

O sorgo é uma cultura tolerante à solos afetados por sais, podendo ser um alimento substituto do milho na alimentação animal, se destacando na agropecuária brasileira, pois possui alto teor de proteína, amido, fonte de energia e outros nutrientes. Tem alta digestibilidade, produtividade e adaptação a regiões secas e quentes e solos de baixa fertilidade (ALBUQUERQUE; FONSÊCA; SANTOS, 2018).

É uma alternativa na produção de forragem nas regiões semiáridas nordestinas, em virtude da tolerância a baixos índices pluviométricos. Basicamente, existem quatro tipos de sorgo: granífero, sacarino, vassoura e forrageiro, usados para diversos fins, como a silagem, corte verde, pastejo e os grãos em rações animais (SOUSA et al., 2018).

Figura 6 - Visão geral do plantio do sorgo-do-sudão (*Sorghum sudanense*) (a) e sua panícula (b)



Fonte: Google Depositphotos (2020).

O sorgo (*Sorghum sudanense*) também possui uma alta produção de matéria seca (7,69 t/ha) e boa resistência ao déficit hídrico, o que pode ser uma alternativa de pastagem durante o período de verão (RODRIGUES et al. 2020).

Segundo Vasum et al. (2019), a escolha pela implantação de pastagens estivais perenes em detrimento as pastagens estivais anuais, pode resultar em benefícios econômicos, de conservação do solo e, conseqüentemente, da qualidade e quantidade de forragens ofertadas aos animais.

3.9 Aspectos Gerais do Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum*) pertence à família das gramíneas de origem africana. É um dos vegetais mais importantes mundialmente por fornecer alimento humano e animal, por suas características agrônômicas de alta resistência em áreas secas e solo de baixa fertilidade. Esta gramínea apresenta maior teor de proteína, maior concentração de aminoácidos e boa digestibilidade de nutrientes em relação ao milho, o qual vem sendo substituído pelo milheto, por ser de baixo custo na alimentação das aves (MOURA et al., 2019).

O milheto (Figura 7) se destaca por suas características no seu florescimento rápido, pela rusticidade e adaptabilidade às condições edafoclimáticas para seu desenvolvimento e produção de biomassa seca. Apresenta um sistema radicular profundo e vigoroso, sendo bastante adaptável às regiões com déficit hídrico, especialmente no semiárido nordestino. O milheto sobrevive em solos arenosos devido a sua capacidade de extrair nutrientes em virtude do seu sistema radicular profundo (RABELO; CAETANO; CRUZ, 2019).

No Brasil, a cultura do milheto vem ganhando espaço no cenário do agronegócio, sobretudo nos setores da agropecuária e indústria de rações, sendo usada para vários fins, tais como: planta forrageira, produção de biomassa e de grãos para ração, devido ao seu alto valor proteico, atendendo a pecuária bovina e como planta de cobertura de solo. É uma planta de baixo custo operacional (DOMUKOSKI et al., 2014).

Figura 7 - Visão geral do plantio do milheto (*Pennisetum glaucum*) (a) e detalhe da panícula (b)



Fonte: Google Depositphotos (2020).

3.10 Capacidade Extratora de Plantas

A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas para despoluir o ambiente contaminado através da absorção, acumulação, translocação, extração e desintoxicação em seus tecidos através de processos químicos, físicos e biológicos (CHAVES; SOUZA, 2015).

Essa técnica ambiental é relativamente nova e apresenta boa relação custo-benefício, além de ser bem aceita como um método natural de controle da poluição. Os mecanismos de fitorremediação dos contaminantes pelas plantas estão divididos em fitoextração, fitotransformação ou fitodegradação, fitovolatilização, fitoestimulação e fitoestabilização (EKPERUSI et al., 2019).

A utilização de vegetais pode auxiliar na melhoria de características físicas e químicas do local, onde há interação entre organismos bióticos e abióticos. Essa interação de planta e microrganismos só potencializa a eficiência da fitorremediação, onde a planta produz grande parte do oxigênio utilizada pelas bactérias aeróbias para a degradação da matéria orgânica, e a bactéria, por sua vez, libera o CO₂ pela respiração, que é utilizada pela planta na fotossíntese (TAVARES et al., 2013).

Na fitoextração, as plantas realizam a absorção e acúmulo de contaminantes em suas partes aéreas e raízes, sem degradá-los. O contaminante é absorvido pela raiz e translocado e acumulado na parte aérea da planta, facilitando a retirada do contaminante quando a parte aérea é recolhida (VENDRUSCOLO et al., 2018).

Plantas ideais para fitoextração devem possuir múltiplos traços como capacidade de crescer fora de sua área de coleta, crescimento rápido, alta biomassa, fácil colheita e acúmulo de uma variedade de contaminantes em suas partes colhíveis (KACALKOVA et al., 2015; SOUZA et al., 2015).

A disposição do material da planta, após o tratamento, é decidida de acordo com sua possibilidade de reaproveitamento, o tipo de vegetal cultivado, sua capacidade de bioacumulação e o risco ambiental representado. Poderão ser dispostas em aterros sanitários ou recicladas para a recuperação do contaminante. A biomassa das plantas pode ser reaproveitada, sendo incorporada na preparação de materiais da construção civil, como blocos cerâmicos. Essa reutilização pode atuar como solução para problemas ambientais associados ao descarte dos resíduos poluentes da planta (COSTA, 2019).

Zucca et al. (2016), defendem que a *Atriplex nummularia* é uma planta que detém mecanismos de tolerância à seca e à salinidade, que por sua vez devido a essa característica, vem sendo utilizada na recuperação de ambientes degradados por sais em regiões áridas e semiáridas.

O processo de tolerância da *Atriplex nummularia* envolve a absorção de sais, principalmente de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), que ocorre mediante a capacidade de acumular sais dentro de suas células pelo processo de bioacumulação em compartimentos especializados, tais como tricomas e microvesículas na epiderme foliar (KANDIL; ATTIA; FAHMY, 2017; BADACHE, 2016; SILVA et al., 2016).

Em estudo realizado por Souza et al. (2011), constatou-se que as altas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e, especialmente Na^+ e Cl^- nas folhas de *Atriplex nummularia*, associadas à elevada produção de massa seca, caracterizam esta espécie como planta fitoextratora de sais.

No Brasil e no mundo, alguns experimentos vêm sendo conduzidos com o objetivo de avaliar o potencial fitoextrator de espécies forrageiras em solos contaminados; entretanto, inexistem estudos sobre a capacidade da palma forrageira voltada para este fim (SILVA, 2019).

Lima et al. (2010) avaliaram o potencial de fitoextração do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e da aveia preta em Argissolo contaminado por cádmio. Os resultados mostraram que o nabo forrageiro foi a espécie que acumulou maior quantidade de Cd na parte aérea e apresentou o maior índice de translocação do metal.

Li et al. (2016) compararam a eficiência de seis espécies forrageiras de alta biomassa na fitoextração de metais pesados (Cd, Pb e Zn) de solo contaminado sob duas estratégias de colheita (colheita dupla e colheita única). Entre as plantas testadas, o amaranto acumulou as maiores quantidades de Cd e Zn, enquanto o Rumex apresentou a maior quantidade de Pb na parte aérea.

Ent et al. (2013) e Krämer (2010) descreveram que para uma planta ser considerada extratora, deve absorver e reter na parte aérea, no mínimo, as seguintes concentrações: 100 mg / kg para Cd, 1.000 mg / kg para Co, Cu, Cr, Ni e Pb e 10.000 mg / kg para Zn e Mn.

Rodrigues (2017) testou o potencial fitoextrator da macrófita aquática *Pontederia parviflora* Alexander em soluções de crômio III e óxido de arsênio, cujo resultado promissor dessa macrófita foi como extratora de crômio.

Em experimento de Costa (2019) a palma forrageira apresentou eficiência na translocação dos elementos K, Ca, Mg, Mn, Zn, Ni, Cd e Pb da raiz para a parte aérea, e na bioacumulação de todos os nutrientes analisados em seus tecidos (raízes e cladódios), sendo o acúmulo de K, Fe, Mn e Cu mais expressivo quando comparado aos demais.

Conforme Silva et al. (2019a) o tratamento com rejeito mais 14 g de NaCl foi o que melhor favoreceu a absorção de Na, K, Ca, Mg e N quando se utilizou solo autoclavado, na ausência de solução nutritiva e do fungo *Claroideoglonus etunicatum*.

Em relação à fitoextração pela *Salicornia neei*, em experimento de campo Figueiredo et al. (2020) demonstraram que os espaçamentos mais eficientes foram: 20x20 cm para o sódio - Na (15,5 %); 30x30 cm para o potássio - K (3,00 %) e 40x40 cm para o cálcio - Ca (4,18 %) e o magnésio - Mg (3,90 %), evidenciando a potencialidade do uso da *Salicornia neei* em solos afetados por sais.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.S.; FONSECA, N.C.; SANTOS, R.V. Aplicação de corretivos em solo salinizado com cultivo de *Sorgum bicolor* L. **Revista Verde**, v.13, n.4, p.452-458, 2018.

ALMEIDA, A.S.; SANTOS, A.F. Potencial anticolinesterásico de plantas do bioma caatinga. **Diversitas Journal**, v.5, n.2, p.505-518, 2018.

AMEIXA, O.M.C.C.; MARQUES, B.; FERNANDES, V.S. et al. Dimorphic seeds of *Salicornia ramosissima* display contrasting germination responses under different salinities. **Ecological Engineering**, v. 87, n.1, p.120-123, 2016.

AL-RASHED, S.A.; IBRAHIM, M.M.; HATATA, M.M.A. et al. Biodiesel production and antioxidant capability from seeds of *Salicornia begelovii* collected from Al Jubail, Eastern Province, Saudi Arabia. **Pakistan Journal of Botany**, v.48, n.6, p. 2527-2533, 2016.

ALVES, P.R.; LUCENA, E.M.P.; BONILLA, O.H. Fenologia da *Salicornia neei* Lag. cultivada no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n. 2, p. 489 - 504, 2019.

AZEVEDO, L.C.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, I.C.S. et al. Salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Campo Digital**, v.13, n.1, p.52-69, 2018.

BADACHE, H. Phytoextraction of Cd by *Atriplex nummularia* L., a xero-halophyte species. **International Journal of biosciences**, v. 6, n. 8, p. 130-139, 2015.

BERTIN, R.L.; GONZAGA, L.V.; BORGES, G.S.C. et al. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (*Amaranthaceae*) using HPLC-ESI-MS/MS. **Food Research International**, v.55, n.1, p.404-411, 2014.

BERTIN, R.L.; MALTEZ, H.F.; GOIS, J.S. et al. Mineral composition and bioaccessibility in *Sarcocornia ambigua* using ICP-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.47, n.1, p.45-51, 2016.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

BEZERRA, D.E.L.; LIMA FILHO, P.; PEREIRA JÚNIOR, E.B. et al. Reúso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.14, n.1, p.05-11, 2019.

BEZERRA, V.R.; LIMA, C.A.P.; MELO, V.S. et al. Reutilização de rejeito de dessalinizadores na Paraíba. **MIX Sustentável**. v.5, n.1, p.105-116, 2019.

BRASIL, S.O.S.; FERREIRA, M.A.B.; MARQUES, L.D.L. et al. Palma forrageira: uma oportunidade socioeconômica para o semiárido brasileiro. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v.15, n.15, p.1339-1353, 2018.

BRESDIN, C.; GLENN, E. P.; BROWN, J. J. Halophytes for food security in dry lands. **Halophytes for Food Security in Dry Lands**, Academic Press, 2016, 360p.

BURBOA, C. E. B.; ARCE, M. E.; BIANCIOTTO, O. et al. *Salicornia bigelovii* (TORR.): un sistema modelo para incorporarse como cultivo agrícola en zonas árido-desérticos. **Biotecnia**, v. 19, n.1, p. 46-50, 2017.

CAETANO, E.; SILVA NETO, R. Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 372-379, 2018.

CAROLINO, J.A.; GUERRA, H.O.C.; SOUSA, J.Y.B.S. et al. Geoestatística aplicada ao estudo de salinidade do solo, Sumé - Paraíba. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v.13, n. 2, p.72-81, 2017.

CARVALHO, J.S.B.; ANDRADE, D.S.; SILVA, V.M.S. et al. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de *Ocimum basilicum* L. **Internacional Refereed Journal of Scientific Research in Engineering**. v.1, n.1, p.3-6, 2017.

CARVALHO, M.F.; EI-DEIR, S.G.; CORRÊA, M.M. et al. Estudo de caso de três espécies de plantas de solos salinos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, n.3, p.1-8, 2015.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

CHAVES, L. H. G.; SOUZA, R. S. Fitoextração de cobre e zinco em um Neossolo Quartizárênico contaminado com metais pesados. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.396-403, 2015.

COSTA, C.S.B.; BONILLA, O.H. **Halófitas brasileiras**: formas de cultivo e usos. Cap.16, p.243-258, 2016.

COSTA, C.S.B.; KADEREIT, G.; FREITAS, G.P.M. Molecular markers indicate the phylogenetic identity of southern Brazilian sea asparagus: first record of *Salicornia neei* in Brazil. **Rodriguésia**, v.70, n.1, p.1-10, 2019.

COSTA, C.S.B.; CHAVES, F.C.; ROMBALDI, C.V. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcoconia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo: a halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. **South African Journal of Botany**, v.117, n.1, p.95-100, 2018.

COSTA, D.O. **Utilização de água produzida do petróleo na produção e capacidade de fitoextração de cactácea no semiárido brasileiro**. Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRS, 2019, 135p.

CRUZ, R.M.S.; JESUS, R.A.; SOUZA, M.P.F. et al. Crescimento inicial e resposta estomáca de milho de pipoca sob estresse salino. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.1, p. 15-26, 2019.

DE SOUZA, M.M.; MENDES, C.R.; DONCATO, K.B. et al. Growth, phenolics, photosynthetic pigments, and antioxidant response of two new genotypes of sea asparagus (*Salicornia neei* Lag.) to salinity under greenhouse and field conditions. **Agriculture**, v. 8, n. 7, p. 115, 2018.

DOMUKOSKI, J.F.; COSTA, A.C.T.; LÁZARO, R.L. et al. Produção de biomassa do milheto em função do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.13, n.2, p.152-160, 2014.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

DONCATO, K.B.; COSTA, C.S.B. Nutritional potential of a novel sea asparagus, *Salicornia neei* Lag. for human and animal diets. **Biotemas**, v.31, n.1, p.57-63, 2018.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, D.C.; SANTOS, M.V.F. Palma forrageira: cultivo e usos. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**, v.7, n.7, p.29-32, 2016.

EKPERUSI, A. O.; SIKOKI, F. D.; NWACHUKWU, E. O. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective. **Chemosphere**, v.223, p.285-309, 2019.

ENT, A. van der; BAKER, A. J. M.; REEVES, R. D.; POLLARD, A. J.; SCHAT, H. Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: facts and fiction. **Plant and Soil**, v.362, p.319-334, 2013.

FARIAS, P.L.C.; VIEIRA, B.H.R. Atuação do estado de Pernambuco no combate aos efeitos da desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2, p.562-573, 2019.

FELIX, E.S.; LIMA, W.B.; SILVA, C.T. et al. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia stricta*) irrigada com água salinizada. **Brazilian Applied Science Review**, v.2, n.6, p.1869-1875, 2018.

FIGUEIRA, C.; FERREIRA, M.J.; SILVA, H. et al. Improved germination efficiency of *Salicornia ramosissima* seed inoculated with *Bacillus aryabhattai* SP 1016-20. **Annals of Applied Biology**, v. 174, n.3, p. 319-328, 2019.

FIGUEIREDO, C.F.V.; FERNANDES, J.G.; GOMES, E.W.F.; MESSIAS, A.S. Behaviour of *Salicornia neei* cultivated in different spacing and irrigated with desaliner tailings. **Advances in Research**, v. 20, n.6, p.1-7, 2020.

FROTA, M.N.L.; CARNEIRO, M.S.; CARVALHO, G.M.C. et al. Palma forrageira na alimentação animal. **Embrapa Meio Norte**, v.21, n.1, p. 11-47, 2015.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

GALDINO, A.G.S.; SILVA, T.I.; SILVA, J.S. et al. Teor de aminoácidos como respostas adaptativas de milho (*Pennisetum glaucum*) ao estresse hídrico e salino. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v.5, n.1, p.94-99, 2018.

GOMES FILHO, A.; RODRIGUES, E.N.; RODRIGUES, T.C. et al. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Pajeú. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.4, p.60-73, 2019.

GOMES FILHO, A.J.; PAIVA, S.C.; TAKAKI, G.M.C. et al. Application of moringa in the removal of salts from the desalinator reject. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 36, n.1, p.1-7, 2019.

GUNNING, D. Cultivating *Salicornia europaea* (marsh samphire). **Daithi O'Murchu Marine Research Station & University College Cork**: Dublin, Ireland, p. 1-50, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO (IPA). **Pesquisa inserção de novo alimento funcional na agricultura de Pernambuco**, 2018. Disponível < <http://www.ipa.br/novo/noticia?n=1725>. Acesso:14 de março de 2020.

KACALKOVA, L.; TLUSTOA, P.; SZAKOVA, J. Phytoextraction of risk elements by willow and poplar trees. **International Journal of Phytoremediation**, v.17, p.414-421, 2015.

KRÄMER, U. Metal hyperaccumulation in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p.517- 34, 2010.

KANDIL, A.; ATTIA, A.; FAHMY, A. Studies on the growth and forage production of some atriplex species under different levels of salinity. **Advances in agricultural science**, v.4, p. 53-63, 2016.

KIRCHNER, J.H.; ROBAINA, A.D.; PEITER, M.X. et al. Funções de produção e eficiência no uso da água em sorgo forrageiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.2, p.1-9, 2019.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

KURMANBAYEVA, A.; BEKTUROVA, A.; SRIVASTAVA, S. et al. Higher novel L- Cys degradation activity results in lower organics and biomass in *Sarcocornia* than the related saltwort, *Salicornia*. **Journal of Plant Physiology**, v.175, n.1, p. 272-289, 2017.

LEMES, E.S.; MENEGHELLO, G.E.; OLIVEIRA, S. et al. Salinidade na cultura do arroz irrigado: características agrônômicas e qualidade de sementes. **Revista de Ciências Agrárias**. v.41, n.4, p.131-140, 2018.

LI, N.; GUO, B.; LI, H.; FU, Q.; FENG, R.; DING, Y. Effects of double harvesting on heavy metal uptake by six forage species and the potential for phytoextraction in field. **Pedosphere**, v.26, p.717-724, 2016.

LIMA, C. V. S.; MEURER, E. J.; SCHMIDT, R. O.; SOUZA, E. D. Potencial de fitoextração do nabo forrageiro e da aveia preta em Argissolo contaminado por cádmio. **Revista de Estudos Ambientais**, v.12, p.39-49, 2010.

LIMA, G.S.; DIAS, A.S.; SOARES, L.A.S. et al. Eficiência fotoquímica, partição de foto assimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p. 211-220, 2019.

LISAUSKAS, J. L. S.; CARITÁ, E.C. Objeto de aprendizagem para apoio ao processo ensino-aprendizagem de seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras. **Revista Espacios**, v.39, n.15, p.20, 2018.

LOPES, M.; CAVALEIRO, C.; RAMOS, F. Sodium reduction in bread: a role for Glasswort (*Salicornia ramosissima* J. Woods). **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.16, n.5, p.1056-1071, 2017.

MELO, C.F.; GOMES, E.W.F.; MESSIAS, A.S. Mycorrhizal colonization in *Atriplex nummularia* Lind. subjected to desalinizator reject. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.36, n.1, p.1-6, 2019.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

MOURA, F. A. S.; DOURADO, L. R. B.; FARIAS, L. A. et al. Complexos enzimáticos sobre a energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes do milho para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 3, p. 990-996, 2019.

NEVES, A.L.R.; ALVES, M.P.; LACERDA, C.F. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecostes - CE. **Revista Ambiente & Água**, v.12, n.1, p. 124-135, 2017.

NÓBREGA, R.S.; DE ALBUQUERQUE, L.S.; MOREIRA, E.A.B. et al. A relação entre o relevo e o clima como prorrogação de caracterização da fisiologia da passagem em Pernambuco, Brasil. **Geo UERJ**, n.34, p.1-24, 2019.

NUNES, J.S.L.; SALVADOR, K.R.S.; JARDIM, A.M.R.F. Índices morfológicos e biofísicos da palma forrageira cultivada sob tecnologias hídras na bacia do Rio Pajeú. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.5, n.1, p.128-139, 2020.

OLIVEIRA, A.M.; DIAS, N.S.; GURGEL, G.C.S. et al. Impactos físico-químicos do descarte de rejeito salino em Neossolo e Chernossolo do oeste potiguar, Brasil. Botucatu, **Irriga**, v. 23, n.2, p.413-425, 2018.

OLIVEIRA, A.S.L.; SOUZA, E.S.; PESSOA, L.G.M. et al. Growth and photosynthetic efficiency of *Atriplex nummularia* under different soil moisture and saline tailings. **Revista Caatinga**, v.32, n.2, p.493-505, 2019.

ORREGO, F.; FUENTE, L.M.L.A.; GOMEZ, M. et al. Diversidad de halófitas chilenas: distribución, origen y hábito. **Gayana Botánica**, v.75, n.2, p.555-567, 2018.

PARRA, M.A.G.; MOLANO, J.F.G.; MARTINEZ, C.A.Q. Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa* Willd. **Ciencia en Desarrollo**, v.10, n.1, p.19-29, 2019.

PATEL, S. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **Biotech**, v. 6, n.1, p.1-10, 2016.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

RABELO, A.J.C.; CAETANO, J.O.; CRUZ, A.J.S. Alterações de atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho na sucessão milheto - soja. **Científica**, v.47, n.2, p.221-230, 2019.

RODRIGUES, C.R.; COMASSETTO, D.S.; DORNELLES, R.R. et al. Produção, composição bromatológica e fenológica de forrageiras estivais na Região Sul do Brasil. **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 82-92, 2020.

RODRIGUES, E.; MOURA, D.; CORREIA, I. M. et al. Variabilidade climática no semiárido brasileiro e as políticas públicas de convivência com a estiagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, v.5, n.1, p. 22-33, 2019.

RODRIGUES, J.V. **Análise do potencial fitoextrator da macrófita aquática *Pontederia parviflora* Alexander em solução de arsênio III e crômio III.** (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017, 38p.

ROMERO, J.A.P.; PIEDRAS, J.M.B.; GOMEZ, S.R. et al. Impact of short-term extreme temperature events on physiological performance of *Salicornia ramosissima* J. Woods under optimal and sub-optimal saline conditions. **Scientific Reports**, v.9, n.1, p.1-12, 2019.

RONDÓN, M.; MONCAYO, S.; CORNEJO, X. et al. Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas Province Ecuador. **Journal of King Saud University-Science**, v.30, n.4, p. 500-505, 2018.

SANTOS, F.J.S.; RODRIGUES, B.H.N.; MAGALHÃES, J.A. et al. Produção de gramíneas forrageiras irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas no semiárido do Piauí. **Pubvet**, v. 13, n.4, p.1-9, 2019.

SCHARDONG, R.M.F.; BONILLA, O.H.; SANTAELLA, S.T. Cultivo de *Batis marítima*, *Sarcoconia ambigua* e *Sparabolus virginicus* com água residuária do cultivo de *Litopenaeus vannamei*. **Biotemas**, v.31, n.1, p.19-32, 2018.

SIGNORELLI, M.R.M. **Dessalinização: métodos e possibilidades.** Niterói, p. 43-44, fev. 2015.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

SILVA, A.S.; SANTOS, E.M.; RAMOS, J.P.F. et al. Características agronômicas de variedades de *Opuntia cochenillifera* e *Nopalea cochenillifera* sob diferentes densidades de plantio. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.6, p.88-96, 2019.

SILVA, C.B.; SILVA, J.C.; SANTOS, D.P. et al. Manejo da irrigação na cultura da beterraba de mesa sob condições salinas em Alagoas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.2, p.3285-3296, 2019.

SILVA, J.C. **Desenvolvimento e capacidade fitoextratora de plantas agrícolas cultivadas em solo com diferentes texturas e teores de cobre**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, RS. Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, 2019, 86p.

SILVA, J.R.I.; JARDIM, A.M.R.F.J.; BARROSO NETO, J. et al. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.11, n.3, p.127-139, 2018.

SILVA, K.A.V.; OLIVEIRA, J.P.; GOMES, E.W.F. et al. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. **Biomedical Journal of Scientific & Technical Research**, v. 21, n. 3, p. 15943-15946, 2019a.

SILVA, K.A.V.; OLIVEIRA, J.P.; FERNANDES, J.G. et al. Influence of arbuscular mycorrhizal fungus in the development of salicornia in saline water. **Journal of Advances in Microbiology**, v.16, n.4, p.1-6, 2019b.

SILVA, M.J.; QUEIROZ, M.G.; JARDIM, A.M.R. F. et al. Gradientes pluviométricos do estado de Pernambuco: uma análise do litoral ao semiárido. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, n.3, p.240-249, 2018.

SILVA, M.R.M.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F. et al. Salinidade e composição catiônica do lixiviado de um solo salino - sódico tratado com vinhaça. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.5, p.2834-2844, 2018.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

SILVA, Y. J. A. B.; SILVA, Y.J.A.B.; FREIRE, M.B.G.S. et al. *Atriplex nummularia* Lindl. as alternative for improving salt-affect soil conditions in semiarid environments: a field experiment. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 76, n. 3, 2016.

SOUSA, R.A.; LACERDA, C.F.; AGUIAR, E.M. et al. Efeito da aplicação de biofertilizante líquido no desenvolvimento do sorgo irrigado com água salobra. **Científica**, v. 46, n. 4, p. 380-397, 2018.

SOUZA, A.J.T.; RIBEIRO, J.E.S.; RAMOS, J.P.F. et al. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v.68, n.262, p.268-273, 2019.

SOUZA, D.C.; LOCASTRO, J.C.; BARBOSA, S.L.; IWAKURA, L. Bioaccumulation of trivalent chromium in the aquatic macrophytes *Typha domingensis* L. and *Pontederia parviflora* Alexander. **Journal of Agriculture Food and Development**, v.1, p.10 -14, 2015.

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

TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. S.; SALGADO, C. M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **Holos**, v.5, p.80-97, 2013.

TIMM, T.G.; SILVA, J.R.A.A.; BERTIN, R.L. et al. Processamento de conservas de *Sarcocornia perennis*. **Agropecuária Catarinense**, v.28, n.1, p.97-102, 2015.

TROPICOS. Tropicos.org. **Missouri Botanical Garden**, 2020. Disponível em <http://www.tropicos.org> © 2020 > Acesso em: 13 de março de 2020.

VASUM, A.B.; RUSCHEL, G.; SCHLEICHER, J. et al. Potencial produtivo de forrageiras estivais perenes e anuais, no sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 31, n.1, p.1-8, 2019.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

VENDRUSCOLO, D.; SANTANA, N. A.; SOUTO, K. M.; FERREIRA, P. A. A.; MELO, G. W. B.; JACQUES, R. J. S. Comportamento diferencial das culturas de cobertura de verão na absorção e translocação de cobre. **Ciência Rural**, v.48, e20180005, 2018.

VILAR, H.N.; MEDEIROS, R.M. Aridity index in the Zona da Mata in the State of Pernambuco - Brazil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n.1, p.14-20, 2019.

VILLES, V.S.; VELHO, J.P.; CHRISTOFARI, L.F. et al. Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. **Multitemas**, v. 24, n. 57, p. 217-231, 2019.

WITTE, S.; HOLGER, F.; NIKLAS, B. et al. Impact of pedological conditions on the distribution of *Salicornia* species (Southern North Sea coast). **Journal of Coastal Conservation**, v.22, n.1, p. 79-85, 2018.

ZUCCA, C.; GARCIA, S. A.; MADRAU, S. Organic carbonic and alkalinity increase in topsoil after rangeland restoration through *Atriplex nummularia* plantation. **Land Degrad. & Develop**, v. 27, n. 3, p. 573-582, 2016.

CAPÍTULO II

Artigo publicado no International Journal of Research Studies in
Science, Engineering and Technology (IJRSSET), v.7, n.4, p.20-25, 2020.

ISSN = 2349-476X



Evaluation of the Consortium with *Salicornia Neei* for Use in the Semi-Arid of Pernambuco. I - *Nopalea* *cochenillifera* (Small Palm)

G. C. de M. Barreto¹, J. G. Fernandes² and A. S. Messias^{3*}

¹Graduate student in the Master in Development of Environmental Processes,
Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

²Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil.

³Teacher at Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

***Corresponding Author:** A. S. Messias, Teacher at Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

ABSTRACT

The semi-arid region of Pernambuco has climatic, pedological and hydrological characteristics that give the region restrictions on the regular use of aquifers, requiring a diversity of vegetation resistant to drought and soil salinization. As a result of this particularity, it is necessary to cultivate halophyte plants that support living in soils with high salinity content, as they absorb salt, collaborating for the recovery of soils and serving as human and animal food. The search for low-cost alternatives that suit the peculiarity of the environment is continuous and requires efficient alternatives that can bring benefits to the local farmer. The objective of this work was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Nopalea cochenillifera* (small palm). The experiment was carried out in a greenhouse located at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), in Recife, Pernambuco, with three soil textures. The experimental design used was a randomized block, with *Salicornia neei* and small palm individualized and intercropped and irrigated with water (control) and with desalination reject, with three replications. After 180 days, it was observed that *Salicornia neei* and small palm (*Nopalea cochenillifera*) intercropped presented a better production of green and dry matter when irrigated with desalination waste and cultivated in the soil with sandy texture.

Keywords: Halophyte; Saline water; Plant growth; Small palm.

1. INTRODUCTION

The Brazilian Northeast has a peculiar characteristic: the presence of a semi-arid climate, which has a high temperature, ranging from 23 to 27°C; annual rainfall, which is around 800mm per year, with irregular distribution; low air humidity; high evaporation, causing water deficit in the soil at various times of the year. These conditions hinder the production of forage during periods of drought, making it necessary to search for alternatives for the implantation of crops, which are tolerant and adaptable to high air temperatures and low rainfall regimes, thus mitigating such adversities [1, 2].

According to [3], the production of food through saline agriculture is practiced in coastal areas and arid regions with saline soils, through the conscious use of natural resources and for the economic development of the region. For this, it requires the use of plants that have morphological and / or physiological mechanisms tolerant to salinity and that have a high nutritional content.

The presence of salinity in the semi-arid region of Pernambuco is one of the major problems for local farmers, as they are obliged to use water for irrigation with high concentrations of salt in food production. It is necessary to cultivate halophytes for human and animal food [4].

Salicornia neei, known as green asparagus, and the small palm (*Nopalea cochenillifera*), stand out for being resistant to salinity. *Salicornia neei* is an example of a halophyte used for phytoremediation in degraded soils and has a large biomass production. The cochineal cactus is a cactaceous well adapted to the adverse conditions of the semiarid region, representing a large part of the foods that make up the diet of ruminants in the dry season, in most of the semiarid region of the Brazilian Northeast, precisely in Alagoas' hinterland and in Pernambuco's and Paraíba's dry lands. Due to their morphophysiological and anatomical characteristics, allowing adaptation to different water availability scenarios, these plants are successfully grown in these regions [4, 5, 6, 7].

The cultivation of small palm is an option favorable to the edaphoclimatic conditions of the region, being a food supply for animals in the dry season, due to the lower water requirement of the crop and the high production of phytomass, high energy value, high yield of fresh biomass, good acceptability and digestibility, large water reserve in its structures and easy to propagate [8, 9, 10, 11].

Considering the need to maximize productivity levels, the proper use of crop management is relevant for the farmer, helping to gradually increase the production of the implanted crops. In this case, the adoption of a consortium system and the use of irrigation, favor improvements in the development and productivity of crops - which means that two or more cultures of different species simultaneously in the same area intercrop, significantly reducing the difficulties arising from salinized soil and the precarious water in the semiarid region [1].

The use of *Nopalea cochenillifera* and *Salicornia neei* in a consortium way in the semiarid region in Pernambuco is of great relevance for local farmers, because, besides being plants with a high potential for phytoextraction, they have satisfactory bromatological characteristics, being *Salicornia neei* a very promising species for cultivation in the saline region, since it has high nutritional content for both human and animal diets [3].

Given the above, the objective of this work was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Nopalea cochenillifera*, on growth and productivity in greenhouse cultivation, submitted to irrigation with desalination waste.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Obtaining seedlings

The production of seedlings by vegetative propagation of *Salicornia neei* Lag. was performed directly on the vessels to be used in the experiments. Stem fragments (cuttings, 10 cm long) were removed from the matrix plants, with the lower part in a bevel. These cuttings were placed in pots with soil with clayey, medium and sandy textures. For 30 days the plants were irrigated with drinking water and, every three days, they were sprayed with desalination waste to acclimatize them, until rooting.

The small palm (*Nopalea cochenillifera*) was collected at the Arcoverde Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). When planting, the position of the article, which is a cladode, also called a racket and "leaf" by the producer, was vertical inside the pit, with the cut part of the joint facing the ground, planted in the position of the smallest width of the article.

2.2. Conducting the experiment

The experiment was carried out under greenhouse conditions, located at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), in Recife, Pernambuco, using black polyethylene pots, with eight kilos of saline soil with clay, medium and sandy textures, from the São Bento do Una Experimental Station, IPA, air-dried, ground, homogenized and sieved in 2mm mesh for fertility analysis according to Table 1.

Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment

Determination	Soil Sandy Texture	Soil Average Texture	Soil Clay Texture
pH (H ₂ O)	6.40	5.50	7.40
P, mg/dm ³	13	105	209
Ca, cmol _c /dm ³	0.40	0.90	12.40
Mg, cmol _c /dm ³	0.60	0.60	2.20
Na, cmol _c /dm ³	0.05	0.11	4.09
K, cmol _c /dm ³	0.08	0.05	0.60
Al, cmol _c /dm ³	0.00	0.30	0.00
H, cmol _c /dm ³	0.33	1.35	0.25
S, cmol _c /dm ³	1.1	1.7	19.3
CTC, cmol _c /dm ³	1.5	3.3	19.5
V, %	77	50	99
m, %	0	15	0

Where: S = Sum of Bases; CTC = Cation Exchange Capacity; V = Percentage of Saturation by Base; m = Percentage of Saturation by Aluminium.

Source: Soil Fertility Laboratory of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco (2019).

The treatments consisted of the individual planting of *Salicornia neei* and small palm, as well as intercropped, in the three types of saline soil textures, with irrigation with water (control) and with the desalination waste, observing the development plants for up to 180 days.

The experimental design used was randomized blocks, with the treatments: individualized *Salicornia* and small palm and intercropped *Salicornia* and small palm, three soil textures

(clayey, sandy and medium), with two types of irrigation (with control water and desalination waste), with three replications, totaling 54 experimental units.

Throughout the experiment, humidity was maintained in the pot capacity, by weighing the pots and daily watering with drinking water and with the desalination waste from the municipality of Riacho das Almas, Pernambuco, to complement the water lost through evapotranspiration, with the following features: Electrical Conductivity = 11.54 mS/cm at 25°C, Ca^{2+} = 403 mg/L, Mg^{2+} = 393.09 mg/L, Na^{+} = 200 mg/L and K^{+} = 40 mg/L, Sodium Adsorption Ratio (SAR) = 23.67, pH = 7.9, Classification for irrigation = C4S4 (Very high salinity water and high sodium concentration).

2.3. Collection of the experiment

After the experimental period, the aerial part of the small palm and the salicornia were collected, separating them at the height of the plants' neck, and washed with deionized water. To evaluate the yield of cultivated plants, the green matter weight (GMW) was analyzed on the day of harvest. That done, all the material was packed in paper bags, dried in an air circulation oven, at 60°C, for 72 hours, to determine the dry matter yield (DMP).

Immediately afterwards, the material was milled, in a Wiley mill, provided with a 42 mm sieve for, through nitroperchloric digestion [12], the contents of the absorbed elements (Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) and total nitrogen were determined by the microkjeldhal method, as well as the bromatological analysis [12]. A soil sample, as well, was collected for complete chemical analysis [13].

2.4. Statistical analysis

The data obtained were submitted to individual and joint statistical analysis, relevant to the variables studied, using appropriate mathematical models, through analysis of variance (ANOVA) and the F test with the help of the MINITAB US.2018 statistical package.

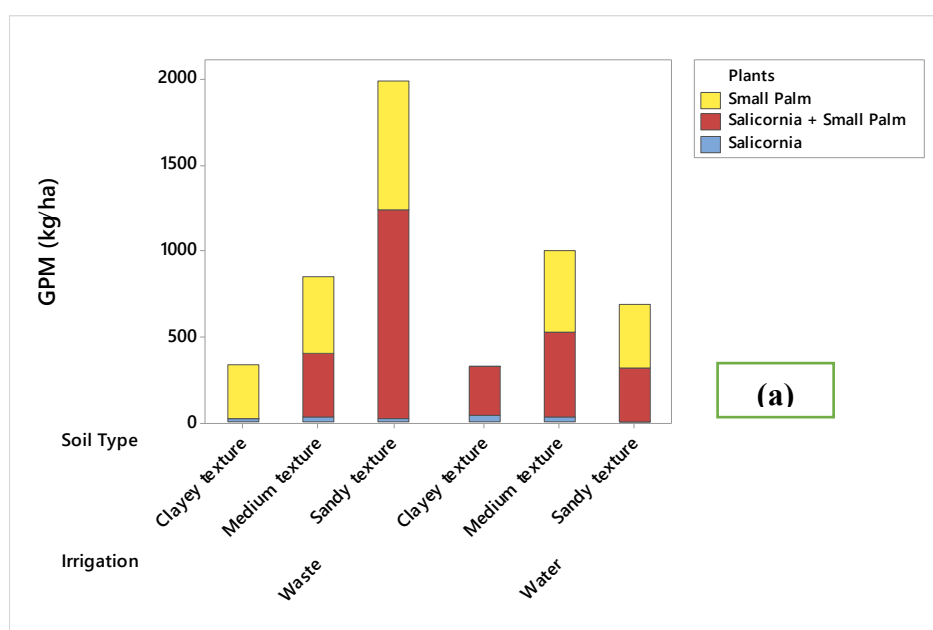
3. RESULTS AND DISCUSSION

In Fig. 1a, it is possible to observe that the treatment with intercropped *Salicornia neei* and small palm (*Nopalea cochenillifera*) showed a better production of green matter (GMW), equal to 1,216.74kg/ha, when irrigated with desalination waste and grown in soil with sandy texture,

compared to clayey texture soil, water irrigation, only cochineal cactus (0.00kg/ha) and sandy texture soil, irrigation with desalination waste, only cochineal cactus (746.60kg/ha).

Knowing that small palm (*Nopalea cochenillifera*) is a demanding crop in terms of soil characteristics, which must have good fertility, sandy to clayey texture, efficient drainage [14], it is clear that the consortium with *Salicornia neei* favored an increase of 470.14 kg/ha in GMW, indicating a probable adaptation of the consortium to the climate of the Pernambuco semiarid region.

In Fig. 1b, it is possible to observe that the treatment with intercropped *Salicornia neei* and small palm presented a better production of dry matter (DMP), equal to 243.35kg/ha, when irrigated with desalination waste and grown in sandy texture soil, compared to clayey texture soil, water irrigation, only small palm (0.00kg/ha) and sandy texture soil, irrigation with tailings, only small palm (149.32kg/ha). Small palm is a forage considered an energy source with great potential for feeding ruminants. However, it has low levels of dry matter (DM) in relation to the recommended minimum levels indicated for these animals [15] and, in this study, the consortium with *Salicornia neei* favored an increase of 94.03 kg/ha in DMP.



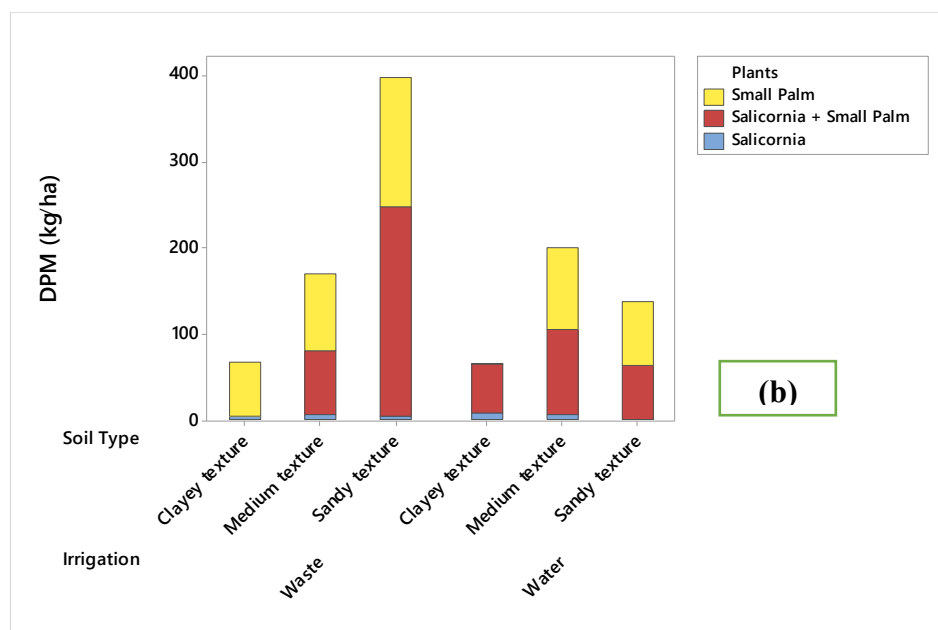
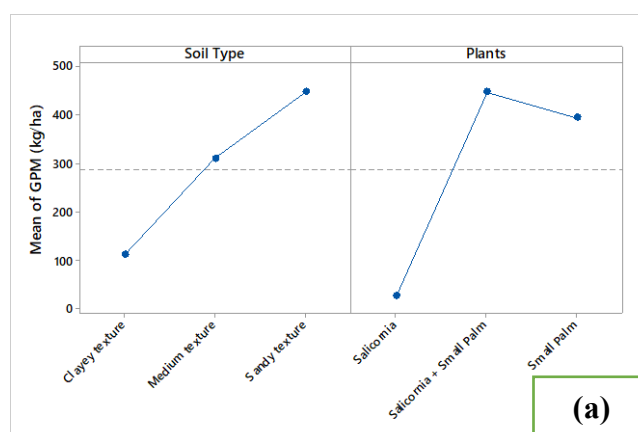


Fig. 1. Results obtained for the production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with small palm (*Nopalea cochenillifera*), in three different textures of soils and irrigated with water and desalination waste

It can be seen, in Fig.2 (a) and (b), the upward effect on plant growth (increased production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b)) starting from the clayey textured soil, passing through the mixed texture and reaching the summit in the soil with sandy texture. Likewise, analyzing the Plant factor: the use of the *Salicornia neei* and small palm consortium revealed the greatest growth in GMP and DMP.



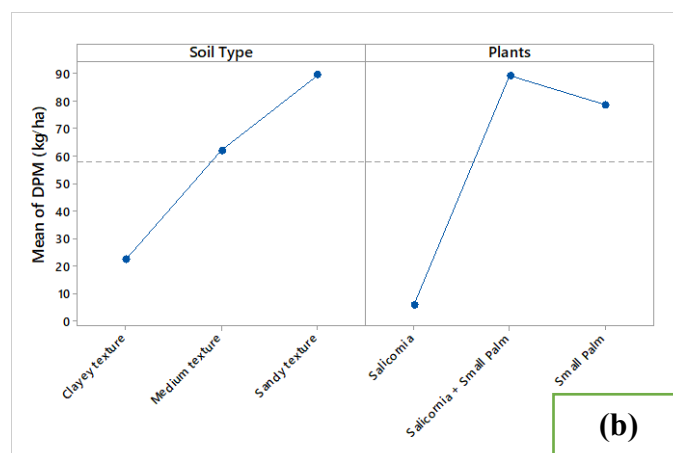


Fig. 2. Results obtained for the upward effect of green matter production - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with small palm (*Nopalea cochenillifera*), in three different soil textures

In Fig. 3, it is observed, through the simultaneous optimization of the studied variables that, even though it is considered a halophyte, *Salicornia neei* responded satisfactorily to the absorption of Na^+ (4.27%), K^+ (3.37%), Ca^{2+} (2.36%) and Mg^{2+} (4.38%) when irrigated with water, in the sandy texture soil, increasing, therefore, the production of green matter (GMP) and consequent production of dry matter (DMP). So, the consortium of *Salicornia neei* with small palm was favored by the increase in nutrients and good productivity, serving as animal and human food.

According [4] the influence of line and row spacing on biomass yield and minerals absorbed by *Salicornia neei* irrigated with desalination waste. Regarding phytoextraction by *Salicornia neei*, the most efficient spacing was: 20x20cm for sodium - Na^+ (15.5%); 30x30cm for potassium - K^+ (3.00%) and 40x40cm for calcium - Ca^{2+} (4.18%) and magnesium - Mg^{2+} (3.90%), showing the potential of using *Salicornia neei* in soils affected by salts.

The researchers [16] evaluated the absorption of Nitrogen (N^{3-}), Sodium (Na^+), Potassium (K^+), Calcium (Ca^{2+}) and Magnesium (Mg^{2+}) by *Salicornia ramosissima* (today *Salicornia neei*) grown in pots with saline soil and subjected to the treatments of: TW (water), T1 (desalination waste), T2 (waste + 7g/NaCl), T3 (waste + 14g/NaCl) and T4 (waste + 21g/NaCl) monitored

for four months. They showed that with the intermediate dose T3 (waste + 14g/NaCl) there was a better absorption mainly of Magnesium (Mg^{2+}).

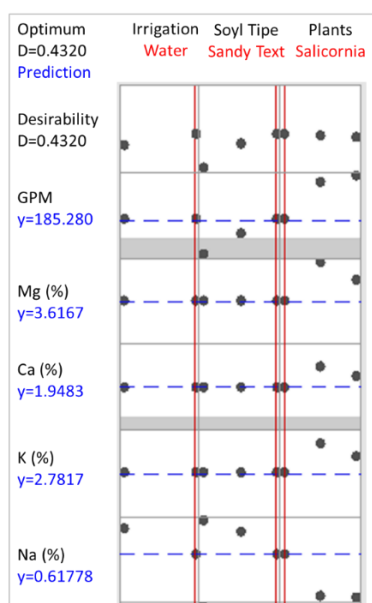


Fig. 3. Results obtained for absorption of nutrients by *Salicornia neei* intercropped, or not, with small palm (*Nopalea cochenillifera*), in three different textures of soils and irrigated with water and desalinator tailings

4. CONCLUSION

Based on the results obtained, it can be concluded that intercropped *Salicornia neei* and small palm (*Nopalea cochenillifera*) presented a better production of green and dry matter when irrigated with desalination waste and cultivated in the soil with sandy texture. *Salicornia neei* showed better absorption of sodium, potassium, calcium and magnesium in the soil with a sandy texture and irrigated with water. Therefore, the intercropping of *Salicornia neei* and small palm (*Nopalea cochenillifera*) can be favored by the nutrients provided by the halophyte.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the master's scholarship, to the Foundation for the Support of Science and

Technology of the State of Pernambuco (FACEPE) for the research aid, to Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the physical space, to the Consortium Universitas for the research aid and to the Analytical Chemistry Laboratory of Catholic University of Pernambuco for the support in the experiments.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

- [1] Alves CP, Silva TGF, Alves HKMN, Jardim AMRF, Souza LSB, Cruz Neto JF, Santos JPAS. Palm-sorghum consortium under irrigation depths: soil water balance and crop coefficients. *AgroMeteoros*, 2019; 27(2): 347-356.
- [2] Éder-Silva E, Moura BR, Vieira CM, Silva PRV, Gonçalves SHLN, Alencar AP, Abreu JBR. Growth of Mexican elephant ear (*Opuntia stricta*) and sweet chick (*Nopalea cochenillifera*) forage palm clones submitted to three-soil tillage. Crato/CE, *Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento*, 2017; 2(1): 45-55.
- [3] Doncato KB, Costa CSB. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. *Experimental Agriculture*, 2018; 54(3): 399-416.
- [4] Figueiredo CVF, Fernandes JG, Gomes EWF, Messias AS. Behaviour of *Salicornia neei* cultivated in different spacing and irrigated with desalinizer tailings. *Advances in Research*, 2020; 20(6): 1-7.
- [5] Nunes JSL, Salvador KRS, Jardim AMRF, Araújo Júnior GN, Carvalho AA, Souza LSB, Montenegro AAA, Silva TGF. Morphophysiological and biophysical indices of forage palm grown under water technologies in the Pajeú River basin. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2020; 5(1): 128-139.
- [6] Lopes LA, Cardoso DB, Camargo KS, Silva TGP, Souza JSR, Silva JRC, Morais JS, Araújo TPM. Forage palm in ruminant feeding. *Pubvet*, 2019; 13(2): 1-10.
- [7] Lira MA, Santos MVF, Dias FM. Forage Palm: cultivation and uses. History and importance of the palm. *Semi-arid notebooks: riches & opportunities*, IPA, 2017; Cap. 1, 7(7): 72.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

- [8] Jardim AMRF, Silva TGF, Souza LSB, Souza MS. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2020; 5(1): 69-87.
- [9] Silva MV, Almeida GLP, Montenegro AAA. Spatial variability of soil physical attributes and forage palm production in the semi-arid state of Pernambuco. *Brazilian Journal of Development*, 2020; 6(2): 7631-7643.
- [10] Cavalcante JMM, Queiroz ALB, Oliveira CC, Saraiva JFCS. Initial development of shoots using 1/2 and 1/6 of the clade in the propagation of the forage palm *Nopalea cochenillifera* var. miúda. *Pubvet*, 2017; 11(8): 819-824.
- [11] Lucena LRR, Leite MLV, Pereira JSP. Adjustment of growth curves of the length of the clade of *Nopalea cochenillifera*. *BioMatemática*, 2016; 26(1): 39-52.
- [12] AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 21. ed., 2019: 97.
- [13] EMBRAPA. Brazilian Agricultural Research Company. Manual methods of soil analysis. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011: 230.
- [14] Santos MA, Santos BRC. Palm silage forage with the cassava and sugarcane bagasse by-products. *Review Pubvet*, 2018; 12 (11): 1-8.
- [15] Peixoto MJA, Carneiro MS, Amorim DS, Edvan RL, Pereira ES, Costa MRGF. Agronomic characteristics and chemical composition of the forage palm for different cropping systems. *Zootechnics Archives*, 2018; 67 (257): 35-39.
- [16] Silva KAV, Oliveira JP, Gomes EWF, Messias AS. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2019; 21(3): 15943-15946.

CAPÍTULO III

Artigo publicado no International Journal of Research Studies in
Science, Engineering and Technology (IJRSSET), v.7, n.3, p.35-42, 2020.

ISSN = 2349-476X



Evaluation of the Consortium with *Salicornia Neei* for use in the Semi-arid of Pernambuco. II - *Sorghum* *Sudanense* (Sudan Sorghum)

G. C. de M. Barreto¹, J. G. Fernandes², J. N. Tabosa² and A. S. Messias^{3*}

¹ Graduate student in the Master in Development of Environmental Processes, Catholic
University of Pernambuco, 50.050-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

² Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil.

³ Teacher at Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

*Corresponding author. E-mail: arminda.saconi@unicap.br

ABSTRACT

*The Brazilian Semi-arid region is characterized by strong sunlight, high temperatures, irregularity and scarcity of rain, the main obstacles to the development of agrarian and agricultural activities. In addition to these factors, the salinity of water and / or soil contributes to limiting the growth and productivity of crops. The survival of the semi-arid population is associated with the characteristics of climate, vegetation and soil, causing environmental, social and economic impacts. As a way of mitigating these dilemmas, it is necessary to seek alternatives for planting that are resistant to soil salinity and that serve as human and animal food. Therefore, the cultivation of halophyte plants is an excellent option-inaddition to serving as food, they are phytoremediation, collaborating for the recovery of saline soils, collaborating significantly for agricultural maintenance. The objective of this work was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense*, on growth and productivity in greenhouse cultivation, with three soil textures. The experimental design used was that of randomized blocks, with *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense*, individualized and intercropped and irrigated with water (control) and with desalinator reject, with three replications. After 180 days, it was observed that planting only *Sorghum sudanense* showed a better production of green and dry matter, when irrigated with desalinator reject and cultivated in the soil with a clay texture. *Salicornia neei* in consortium with *Sorghum sudanense* showed better absorption of sodium, potassium, calcium and magnesium in the soil with a clayey texture and irrigated with desalinator reject. Therefore, the intercropping of *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense* can be favored by the nutrients provided by the halophyte *salicornia*, with a consequent increase in the production of dry matter and total fiber.*

Keywords: *Halophyte; plant growth; saline water; sorghum.*

1. INTRODUCTION

Salinity is one of the abiotic stresses that most limits growth and agricultural productivity, especially in semi-arid regions, due to high rates of evapotranspiration and low rainfall, associated with inadequate soil and water management, contributing to the emergence of salinized soils. The cultivation of halophyte plants is necessary to mitigate such difficulties, especially *Salicornia neei*, popularly known as “green salt”, which can replace salt in foods, being well accepted in the gourmet market, due to its high nutritional power, in terms of vitamins and minerals. The cultivation of Sudan Sorghum can be a viable alternative for the use of water resources and affected by salts, as it is a plant that serves as an energy source, presenting good digestibility, productivity and adaptation to dry and hot environments and with low soil fertility, serving as silage, green cutting and grazing; and its grains serve as animal feed and can grow again after the first harvest [1, 2,3,4,5].

Forage availability in Brazil is irregular, due to climatic conditions, especially in semi-arid region where water resources are insufficient to meet the needs of human consumption and agricultural activities as groundwater and surface water sources present high levels of salts; this water starts to be used for irrigation of plants tolerant to salinity. *Sorghum sudanense* is a favorable plant for the ensiling process, due to its phenotypic peculiarities that determine the ease of planting, treatment, harvesting and storage. For the choice of forage to be used it is important to evaluate the productivity characteristics and the structural and bromatological composition of the plant [6, 7, 8].

In Brazil, it was from the 70s that the culture of the Sudan Sorghum began to be intensified, becoming significantly commercial when the planting area reached 80 thousand hectares, mainly concentrated in Rio Grande do Sul and São Paulo. The cultivation of Sudan Sorghum is gaining prominence due to the increase in planted area, the use of new technologies and the use of more productive genotypes adapted to climatic and soil conditions. [9, 10].

In the Northeast Region of Brazil, about 70% of its area is included in the Semi-arid Region, characterized by climatic conditions that cause seasonal variation in forage production. Sudan sorghum has stood out for presenting greater flexibility in planting times and high productive potential, constituting forage alternatives in times of scarcity [11].

Sorghum sudanense is a typical grass from a hot climate, with xerophytic characteristics, which besides its low requirement in terms of mineral richness of the soil, has tolerance and resistance to abiotic factors, such as: water stress, salinity and waterlogging. It is a culture that can be adjusted accordingly as an alternative for the Brazilian semi-arid region due to its adaptive features to low rainfall and uneven distribution of rainfall, a factor that interferes with the development of most forage plant and cultivated grain producers, especially in arid and semi-arid regions of Brazil [9].

Sudan Sorghum (*Sorghum sudanense*) or Sudan grass is an annual, early grass, with high growth speed, of African origin and adapted to the semi-arid region. It has high water use efficiency, high nutritional quality, reaching three meters in height, offering expressive aptitude for the production of forage, in the form of hay, silage and grazing, making it a viable alternative to high value nutritious green forage. It was introduced in the state of Pernambuco, Brazil, in the early 1980s, through the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa Milho e Sorgo). The characteristics of the cultivar Sudan 4202 from the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) are of great relevance, as it is a plant that has a short flowering period (40 to 50 days), high tolerance to salinity, great potential of dry matter and very efficient forage yield, with hay as its main suitability [10, 12].

The use of the halophytes Sudan Sorghum (*Sorghum sudanense*) and *Salicornia neei* in consortium in the semi-arid of Pernambuco is of great relevance for local farmers, because besides being plants with high potential for phytoextraction, they are cultures resistant to high temperatures and have high biomass production, being a nutritious and good quality food [13,14].

Given the above, the objective of this work was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense* on growth and productivity in greenhouse cultivation, submitted to irrigation with desalinator reject in three soils with different textures.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Obtaining seedlings

The production of seedlings by vegetative propagation of *Salicornia neei* Lag. was performed directly on the vessels to be used in the experiments. Stem fragments (cuttings) 10 cm long were removed from the matrix plants, with the lower part in a bevel. These cuttings were placed

in pots with saline soil with clayey, average and sandy textures. For 30 days, the plants were irrigated with drinking water and, every three days, they were sprayed with desalination waste to acclimatize them until rooting.

The seeds of the Sudan Sorghum (*Sorghum sudanense*) cultivar Sudan 4202 were supplied by the Seed Chamber of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco, Brazil.

2.2. Conducting the experiment

The experiment was carried out under greenhouse conditions, located at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), using black polyethylene pots, with eight kilos of saline soil with clayey, average and sandy textures, from the Experimental Station of São Bento do Una, from IPA, air-dried, ground, homogenized and sieved in 2mm mesh for fertility analysis [15], according to Table 1.

Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment

Determination	Soil texture		
	Sandy	Average	Clayey
pH (H ₂ O)	6.40	5.50	7.40
P, mg/dm ³	13	105	209
Ca, cmol _c /dm ³	0.40	0.90	12.40
Mg, cmol _c /dm ³	0.60	0.60	2.20
Na, cmol _c /dm ³	0.05	0.11	4.09
K, cmol _c /dm ³	0.08	0.05	0.60
Al, cmol _c /dm ³	0.00	0.30	0.00
H, cmol _c /dm ³	0.33	1.35	0.25
S, cmol _c /dm ³	1.1	1.7	19.3
CTC, cmol _c /dm ³	1.5	3.3	19.5
V, %	77	50	99
m, %	0	15	0

Where: S = Sum of Bases; CTC = Cation Exchange Capacity; V = Percentage of Saturation by Base; m = Percentage of Saturation by Aluminium.

Source: Soil Fertility Laboratory of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco (2019).

The treatments consisted of the individual planting of *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense*, as well as in consortium, in the three types of soil textures, with irrigation with water (control) and with the desalination waste, observing the development of the plants for up to 180 days.

The experimental design used was that of randomized blocks, with the treatments: *Salicornia* and Sudan sorghum individualized and in consortium, three soil textures (clayey, sandy and average), with two types of irrigation (water and desalination waste), with three repetitions, totaling 54 experimental units.

Throughout the experiment, humidity was maintained in the pot capacity, by weighing the pots and daily watering with drinking water and with the desalination waste from the municipality of Riacho das Almas, Pernambuco, to complement the water lost through evapotranspiration, with the following features: Electrical Conductivity = 11.54 mS/cm at 25°C, Ca^{2+} = 403 mg/L, Mg^{2+} = 393.09 mg/L, Na^{+} = 200 mg/L and K^{+} = 40 mg/L, Sodium Adsorption Ratio (SAR) = 23.67, pH = 7.9, Classification for irrigation = C4S4 (Very high salinity water and high sodium concentration).

2.3. Collection of the experiment

After the experimental period, the aerial part of the Sudan Sorghum and *Salicornia* were collected, separating them at the height of the plants' neck and washed with deionized water. To evaluate the yield of cultivated plants, the weight of fresh matter (FMW) was analyzed on the day of harvest. That done, all the material was packed in paper bags, dried in an air circulation oven, at 60°C, for 72 hours, to determine the dry matter yield (DMP).

Soon afterwards, the material was ground, in a Wiley mill, provided with a 42 mm sieve to, by means of nitroperchloric digestion [16], determine the contents of the absorbed elements (Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) and the bromatological analysis [16].

2.4. Statistical analysis

The data obtained were submitted to individual and joint statistical analysis, relevant to the variables studied, using appropriate mathematical models. The analysis of variance was tested by the F test. The data were run using the Minitab US.2018 software.

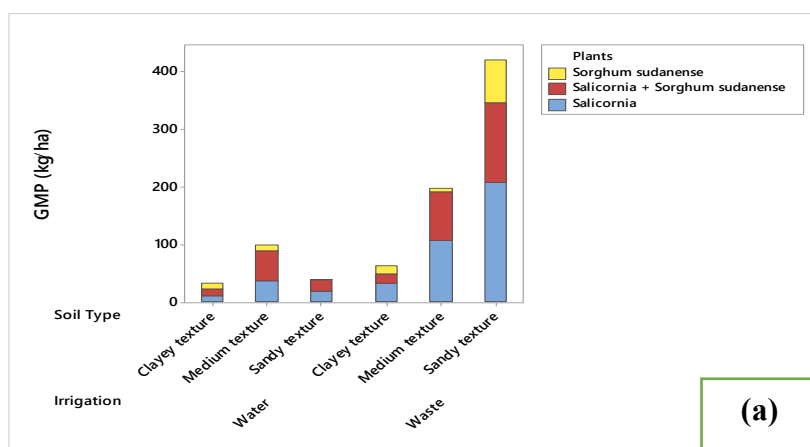
3. RESULTS AND DISCUSSION

In Fig. 1a, it is possible to observe that the treatment with only *Salicornia neei* showed a better production of green matter (GMP), equal to 400 kg / ha, when irrigated with desalination waste and grown in soil with clayey texture, compared to soil with clayey texture, irrigation with water, only *Sorghum sudanense* (0.00kg / ha) and soil with sandy texture, irrigation with waste, only Sudan Sorghum.

The researchers [17] evaluated, under field conditions, 22 new hybrids, belonging to the Sorghum Genetic Improvement Program of Embrapa Corn and Sorghum, with three control hybrids (BR 601, BR700 and Volumax), and observed a higher dry matter weight for the Volumax genotype (1.608 kg / ha).

[18], in a field experiment, used Sudan sorghum cultivar IPA Sudan 4202 for salinity tolerance (up to 100 mS / m), finding a high dry matter weight - DMW (800.0 to 1,200.0 kg / ha).

In Fig. 1b it is possible to observe that the treatment with only *Salicornia neei* showed a better production of dry matter (DMP), equal to 80 kg / ha, when irrigated with desalination waste and grown in soil with medium texture, compared to soil with clayey texture, water irrigation, only Sudan Sorghum (0.00kg / ha) and to soil with clayey texture, waste irrigation, only *Sorghum sudanense*. The dry matter production evaluated was lower than those obtained by [19], when they evaluated five sorghum hybrids grown in winter. The authors obtained, on average, 10 kg / ha of DMP, probably due to the prevailing climatic conditions in the winter period, with lower rainfall and low temperatures.



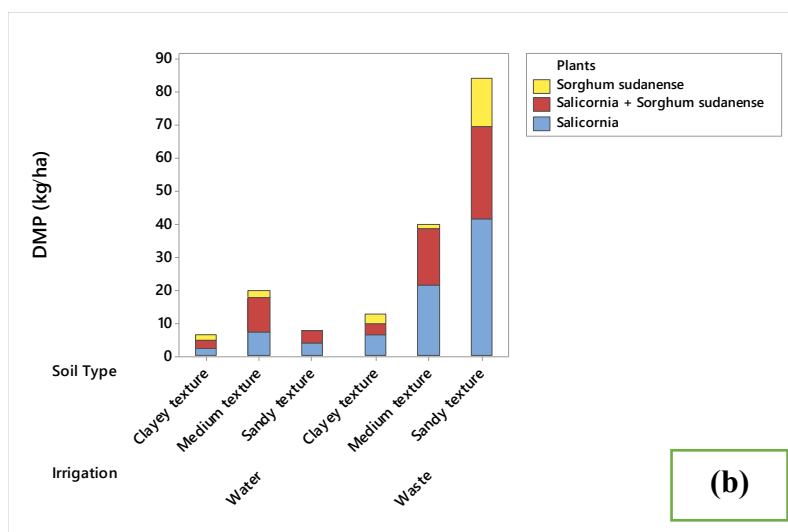
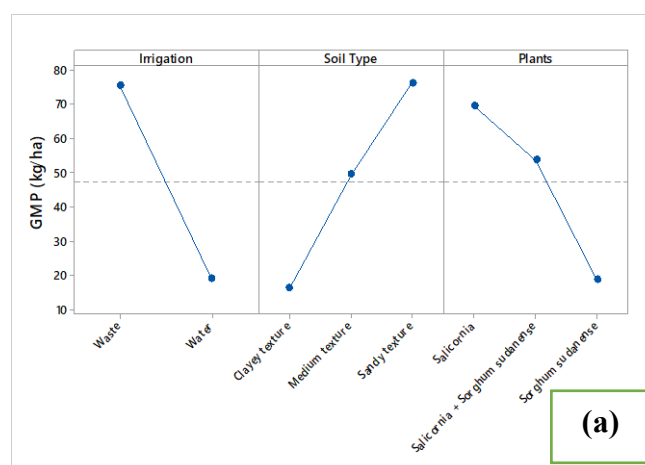


Fig. 1. Results obtained for the production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense*, in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject

It can be seen from Fig. 2 (a) and (b) the growing effect on plant growth (increased production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b)) starting from the soil with clayey texture, reaching its peak in the medium texture and decreasing in the sandy texture. Likewise, analyzing the Plant factor: the use of the consortium of *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense* did not show greater growth; however, with the use of only *Salicornia neei* there is a greater growth in GMP and DMP. Finally, analyzing the use of water or waste, a higher production of DM and GM is observed with the use of the desalination waste.



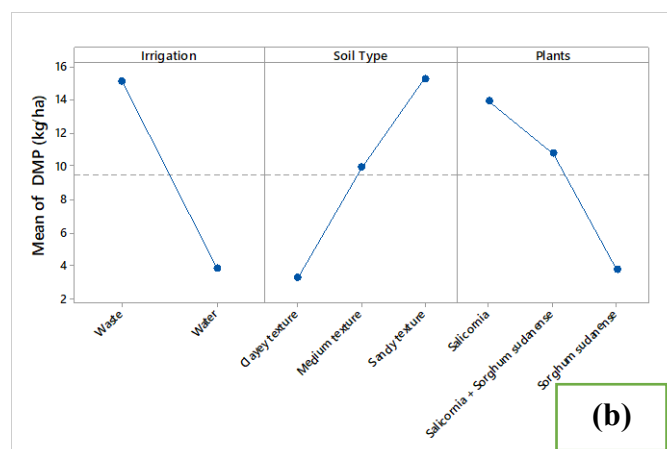


Fig. 2. Results obtained for the upward effect of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense*, in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject

In Fig. 3, it is observed, through the simultaneous optimization of the studied variables, that the consortium between *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense* responded satisfactorily to the absorption of Na^+ (5.91), Ca^+ (1.77%), Mg (3.29%), K (2.53%) and TF (18.71%) when irrigated with desalination waste, in the soil with a clayey texture, increasing, therefore, the production of green matter (GMP) and consequent production of dry matter (DMP).

In general, these results reported here expose evidence that the higher volumes of salts reduce the growth of plants and, consequently, delay their physiological maturity, implying lower levels of total fiber (TF). However, although it improves the nutritional value, lower growth rates result in lower forage productivity. [20] studying several grass cultivars, concluded that values above 65% are common in new tissues and contents between 75 and 80% are found in materials of very advanced maturity, which may indicate a negative correlation with forage consumption.

According to [21], there is a decrease in the levels of calcium, magnesium, potassium and an increase in sodium content, causing imbalance and nutritional stress in millet and sorghum plants. The levels of Ca^{2+} found for the culture of millet and sorghum were within the range considered adequate for sorghum (4.0 to 6.0 g/kg), according to [22].

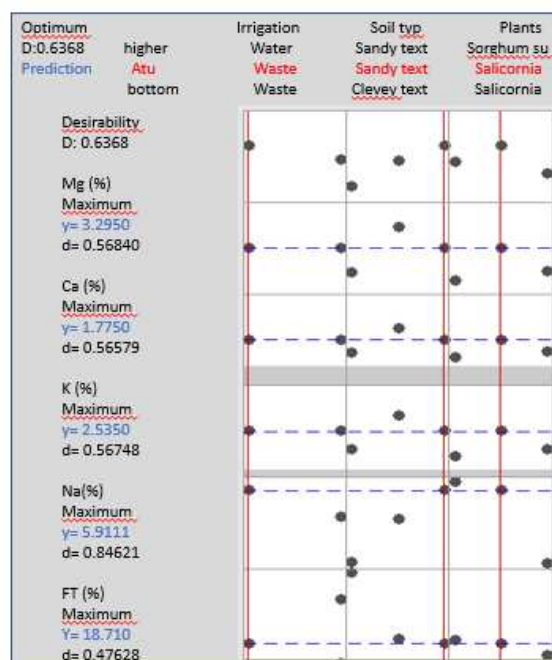


Fig. 3. Results obtained for nutrient absorption by *Salicornia neei* in consortium, or not, with *Sorghum sudanense* in three different textures of soils and irrigated with water and desalinator reject

4. CONCLUSION

From the results obtained, it can be concluded that *Sorghum sudanense* presented a better production of green and dry matter, when irrigated with desalination waste and cultivated in the soil with clayey texture. *Salicornia neei* in consortium with *Sorghum* presented better total fiber and absorption of sodium, potassium, calcium and magnesium in the soil with a clayey texture and irrigated with desalination waste. Therefore, the consortium between *Salicornia neei* and *Sorghum sudanense* can be favored by the nutrients provided by *Salicornia neei*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the master's scholarship, to the Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE) for the research aid, to Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the physical space, to the Consortium Universitas for the

research aid and to the Analytical Chemistry Laboratory of Universidade Católica de Pernambuco for the support in the experiments.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

- [1] Silva AL, Edvan RL, Bezerra LR, Araújo MJ, Costa Filho JH, Torreão JNC, Amorim DS, Nascimento RR. Agronomic characterization and chemical composition of sorghum hybrids for silage making in rainfed conditions. *Agrarian Sciences*, 2020; 41 (2): 404-420.
- [2] Silva KAV, Oliveira JP, Fernandes JG, Messias AS. Influence of arbuscular mycorrhizal fungus in the development of salicornia um saline water. *Journal of Advances in Microbiology*, 2019; 16 (4): 1-6.
- [3] Albuquerque AS, Fonsêca NC, Santos, RV. Application of alternative correctives in salinized soil with cultivation of *Sorghum bicolor* L. *Green Journal of Agroecology and Sustainable Development*, 2018; 13 (4): 452-458.
- [4] Kurmanbayeva A, Bekturova A, Srivastava S, Soltabayeva A, Asatryan A, Ventura Y, Khan MS, Salazar O, Fedoroff N, Sagi M. Higher novel L-cys degradation activity results in lower organics and biomass in *Sarcocornia* than the related saltwort, *Salicornia*. *Journal of Plant Physiology*, 2017; 175 (1): 272-289.
- [5] Feijão AR, Silva JCB, Marques EC, Prisco JT, Gomes Filho E. Effect of nitrate nutrition on tolerance of sudangrass plants to salinity. *Agronomic Science Magazine*, 2011; 42 (3): 675-683.
- [6] Rodrigues CR, Comasseto DS, Dornelles RR, Rosa FQ, Oiagen RP, Castagnara DD, Del Valle TA, Azevedo EB. Production, bromatological, and phenological composition of tropical forage in the South Region of Brazil. *Agrarian Magazine*, 2020; 13 (47): 82-92.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

[7] Simões WL, Guimarães MJM, Araújo GGL, Willadino LG, Perazzo AF, Belfort LS. Chemical-bromatological characteristics of forage sorghum varieties irrigated with saline effluents from fish farming. *Comunicata Scientiae*, 2019; 10(1): 195-202.

[8] Tolentino DC, Rodrigues JAS, Pires DAA, Variato FT, Lima LOB, Moura MMA. The quality of silage of different sorghum genotypes. *Acta Scientiarum*, 2016; 38 (2): 143-149.

[9] Tabosa, JN, Barros AHC, Silva FG, Brito ARMB, Simões AL, Mesquita FLT, Nascimento MMA, Silva Filho JG, França JGE, Silva AB, Ferraz I, Carvalho EX, Cordeiro AL, Simplício JB. Importance of genetic improvement of diferente types of sorghum for the mesoregions of Agreste, Sertão and the like in the Brazilian Semiarid. *Embrapa/Solos*, Capítulo 4, 2019: 515-569.

[10] Lima MHM, Pires DAA, Moura MMA, Costa RF, Rodrigues JAS, KA. Nutritional characteristics of sorghum hybrids hay (*Sorghum sudanense* vs. *Sorghum bicolor*). *Acta Scientiarum*, 2017; 39 (3): 229-234.

[11] Morrill WBB, Rolim MM, Bezerra Neto E, Pedrosa EMR, Oliveira VS, Almeida GLP. Production and mineral nutrients of forage millet and Sudan sorghum fertilized with whey. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, 2012; 16 (2): 182-188.

[12] Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). Sudan Sorghum. Sudan 4202. Cultivate tolerant to salinity and with aptitude for hay. Pernambuco, Brochure, 2. ed. 2008: 2.

[13] Kirchner JH, Robaina AD, Peiter MX, Torres RR, Mezzono W, Bem LHB, Pimenta BD, Pereira AC. Production functions and efficiency in the use of irrigated fodder water. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 2019; 14 (2): 1-9.

[14] Doncato KB, Costa CSB. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. *Experimental Agriculture*, Cambridge, 2018; 54(3): 399-416.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

[15] EMBRAPA. Brazilian Agricultural Research Company. Manual methods of soil analysis. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011: 230.

[16] AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 21. ed., 2019: 97.

[17] Magalhães RT, Gonçalves LC, Borges I, Rodrigues JAS, Fonseca JF. Production and chemical composition of twenty-five sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Brazilian Archive of Veterinary Medicine and Animal Science, 2010; 62: 747-751.

[18] Carvalho AA, Montenegro AAA, Tabosa JN, Almeida TAB, Silva AGO, Silveira AVM. Hydro-agricultural reuse: a solution for coping with water scarcity in the Sertão and Agreste of Pernambuco. Journal of Environmental Analysis and Progress, 2020; 5 (2): 140-150.

[19] Moraes SD, Jobim CC, Silva MS, Marquardt FI. Production and chemical composition of sorghum and corn hybrids for silage. Brazilian Journal of Health and Animal Production, 2013; 14 (4): 624-634.

[20] Santos FJS, Rodrigues BHN, Magalhães JA, Costa NL. Productivity of forage grasses irrigated with water of different electrical conductivities in the semiarid region of the north of Piauí. Pubvet, 2019; 13 (4): 1-9.

[21] Ferreira PA, Garcia GO, Santos DB, Oliveira FG, Neves JCL. Saline stress in maize plants: II - Cationic macronutrients and their relations with sodium. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering, 2005; 9: 11-15.

[22] Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). Fertilization recommendations for the State of Pernambuco. Recife: IPA, 2008; 64.

CAPÍTULO IV

Artigo publicado no International Journal of Research Studies in
Science, Engineering and Technology (IJRSSET), v.7, n.4, p.1-8, 2020.

ISSN = 2349-476X



Evaluation of the Consortium with *Salicornia Neei* for use in the Semi-Arid of Pernambuco. III - *Pennisetum Glaucum* L. (Millet)

G. C. de M. Barreto¹, J. G. Fernandes², J. N. Tabosa² and A. S. Messias^{3*}

¹ Graduate student in the Master in Development of Environmental Processes, Catholic University of Pernambuco, 50.050-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

² Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil.

³ Teacher at Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

**Corresponding Author: A. S. Messias, Teacher of Catholic University of Pernambuco.*

ABSTRACT

Northeast Brazil is a region that faces serious problems related to rainfall irregularity, resulting in severe and prolonged droughts, specifically in the semi-arid region. The Pernambuco semi-arid region presents great spatial and temporal variability of rainfall, with irregular rainfall concentrated in a few days and months, considerably limiting the planting of crops for animal and human food; in addition to the scarcity of rainfall, there is a high level of salinity in the soil and water and such characteristics require an adaptation in agriculture: implementation of new technologies, cultivation of halophytes and drought-resistant plants. It is of fundamental importance to search for low cost and efficient alternatives that are adapted to the peculiarity of the environment and that can bring benefits to the local farmer. The objective of this work was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum* on growth and productivity in greenhouse cultivation, submitted to irrigation with desalinator reject. The experiment was carried out with three soil textures, in a randomized block design, with *Salicornia neei* and millet, individualized and in consortium and irrigated with water (control) and with desalination waste, with three replications. After 180 days, it was observed that *Salicornia neei* showed a better production of green matter (123.64kg/ha) and dry (24.73kg/ha) when irrigated with desalination waste and cultivated in the soil with medium texture. The consortium of *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum*, in soil with a clayey texture, presented better results for TF (27.87%), TP (13.69%) and TN (2.19%), when irrigated with water; and greater sodium absorption (5.79%), when irrigated with desalinator reject. For the absorption of calcium (2.53%) there was a response for the soil with sandy texture, irrigation with water and only for *Salicornia neei*.

Keywords: Halophyte; saline water; plant growth; millet.

1. INTRODUCTION

The northeastern semiarid has its peculiar characterization. It is usually affected by droughts, causing several socioeconomic and environmental impacts due to the occurrence of poorly distributed and unpredictable rainfall, compromising the growth and development of animals, due to the scarcity and low nutritional value of forages in the dry period of the year. Millet is a promising alternative for the production of forage in the semi-arid region, as it is a grass of easy installation and management, short cycle, high nutritional value and adapted to different conditions of climate and soil, resistant to high temperatures and water deficit, besides having capacity for intense regrowth and nutrient extraction and recycling. It is a xerophilic culture with a hot climate that has efficient drought resistance characteristics and mechanisms [1, 2].

Pennisetum glaucum (millet) is an annual grass of African origin from the *Poaceae* family, known as “corn of pearls”, of erect size, with uniform development that presents great forage potential, high biomass production, versatility of use, low cost of implantation, being able to be used in human and animal feeding, serving as grazing or silage and production of grains in the manufacture of animal feed, as soil cover in no-tillage systems. The production of annual grasses is an effective alternative that ensures the availability of food to meet nutritional requirements in the most critical periods of the year in the Brazilian semiarid region. It is an interesting alternative that can integrate agriculture and livestock [3, 4, 5]

The culture of millet has been gaining prominence in Brazilian agriculture due to its forage characteristics, tolerance to water stress, high rusticity, rapid growth, adaptation to low fertility soils and excellent production capacity for dry matter and biomass. It is a species that serves for the recovery and renewal of perennial pastures, whose grains are used for human consumption; it is a plant rich in omega-3, it fights heart disease and diabetes, helps in the treatment of cancer and enhances brain activities. Millet flour can be used in baking, it does not contain gluten and is very nutritious [6, 7, 8].

Millet (*Pennisetum glaucum*) is a plant with a lot of photosynthetic efficiency and tolerance to high temperature and drought, as it is a short-cycle forage (60 to 90 days), rich in starch, soluble and insoluble dietary fiber, minerals and antioxidants, source of phytochemicals and micronutrients, being widely grown in the off-season. It is one of the most cultivated crops in

the arid and semi-arid regions of Africa and India, as it sustains itself under adverse conditions and can be produced with a low rainfall, about 250-350 mm of precipitation, using water efficiently compared to other plants such as corn and sorghum, and has high mass production per unit area (60t of green matter per hectare) and good nutritional value. Drought and salinity are two major restrictions that have an impact on crop growth and productivity; therefore, the cultivation of millet is positive for agriculture as it promotes soil restructuring, as it has vigorous roots and good nutrient cycling capacity [9, 10, 11, 12].

The semi-arid region of Pernambuco is usually affected by droughts, causing several socioeconomic and environmental impacts, its soils are affected by salts, which limits the planting of cultivars. It is important to emphasize the correct choice of the crop used, since not all species tolerate salinity and produce satisfactorily in semi-arid regions. The accumulation of salts is a problem that leads to soil degradation and deterioration of its physical, chemical and biological properties; hence the importance of cultivating halophyte plants, which represent the only group capable of living in soils with high concentrations of salts. In this scenario, there is a halophyte belonging to the class *Equisetopsida*, subclass *Magnoliidae*, to the order *Caryophyllales*, to the family *Amaranthaceae*, to the genus *Salicornia* and to the species *Salicornia neei* [13].

Salicornia neei is an example of a halophyte used for phytoremediation of waste / saline effluents, production of plant biomass for different purposes and restoration of coastal environments. The species *Salicornia neei* has aroused great interest in recent years because in addition to its nutritional power in terms of minerals, antioxidants and vitamins, it has a perennial life cycle, survives for several years, and can be propagated by seeds or through vegetative growth, due to its cauline capacity for regrowth [14, 15, 16, 17, 18, 19].

According to [20], the cultivation of two or more cultures of different species simultaneously in the same area, called the system of intercropping, consists of a considerable reduction in the risks arising from irregular rainfall in the region, reaching high crop yields.

In view of the above, the objective of this study was to evaluate the effect of the consortium between *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum* on growth and productivity in greenhouse cultivation, submitted to irrigation with desalination waste.

MATERIAL AND METHODS

2.1. Obtaining seedlings

The production of seedlings by vegetative propagation of *Salicornia neei* Lag. was performed directly on the vessels to be used in the experiment. 10cm long stem fragments (cuttings) were removed from the matrix plants, with the lower part in bevel. These cuttings were placed in pots with clay, medium and sandy textures. For 30 days, the plants were irrigated with drinking water, and every three days they were sprayed with desalination waste to acclimatize them until rooting.

Millet seeds (*Pennisetum glaucum*) were supplied by the Seed Chamber of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco.

2.2. Conducting the experiment

The experiment was carried out under greenhouse conditions, located at the IPA headquarters, using black polyethylene pots, with eight kilograms of soil with clayey, medium and sandy textures, coming from the São Bento do Una Experimental Station, from IPA, air-dried, stripped, homogenized and sieved in 2mm mesh for fertility analysis, according to Table 1.

Table 1. Soil fertility analysis used in the experiment

Determination	Texture Soil		
	Sandy	Average	Clay
pH (H ₂ O)	6.40	5.50	7.40
P, mg/dm ³	13	105	209
Ca, cmol _c /dm ³	0.40	0.90	12.40
Mg, cmol _c /dm ³	0.60	0.60	2.20
Na, cmol _c /dm ³	0.05	0.11	4.09
K, cmol _c /dm ³	0.08	0.05	0.60
Al, cmol _c /dm ³	0.00	0.30	0.00
H, cmol _c /dm ³	0.33	1.35	0.25
S, cmol _c /dm ³	1.1	1.7	19.3
CTC, cmol _c /dm ³	1.5	3.3	19.5
V, %	77	50	99
m, %	0	15	0

Where: S = Sum of Bases; CTC = Cation Exchange Capacity; V = Percentage of Saturation by Base; m = Percentage of Saturation by Aluminium.

Source: Soil Fertility Laboratory of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco (2019).

The treatments consisted of the individual planting of *Salicornia* and Millet, as well as intercropping, in the three types of soil textures, with irrigation with water (control) and with the desalination waste, observing the development of the plants for up to 180 days.

The experimental design used was a randomized block, with the treatments: *Salicornia* and Millet individualized and the consortium of *Salicornia* with Millet, three soil textures (clayey, sandy and medium), with two types of irrigation (water and desalination waste), with three repetitions, totaling 54 experimental units.

Throughout the experiment, humidity was maintained in the pot capacity, by weighing the pots and daily watering with drinking water and with the desalination waste from the municipality of Riacho das Almas, Pernambuco, to complement the water lost through evapotranspiration, with the following features: Electrical conductivity = 11.54 mS/cm at 25°C; Ca^{2+} = 403.00 mg/L; Mg^{2+} = 393.09 mg/L; Na^+ = 200.00 mg/L; K^+ = 40.00 mg/L; Sodium Adsorption Ratio (SAR) = 23.67; pH = 7.9; Classification for irrigation = C4S4 (Very high salinity water and high sodium concentration).

2.3. Collection of the experiment

After the experimental period, the aerial part of the millet and the *salicornia* were collected, separating them at the height of the plants' neck and washed with deionized water. To evaluate the yield of the cultivated plants, the weight of fresh matter (FMW) was determined on the day of collection. That done, all the material was packed in paper bags, dried in an air circulation oven, at 60°C, for 72 hours, to determine the dry matter weight (DMW).

Soon afterwards, the material was milled, in a Wiley mill, provided with a 42mm sieve to, by means of nitroperchloric digestion [21], the contents of the absorbed elements (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) and total nitrogen were determined by the microkjeldhal method, as well as bromatological analysis [21]. A soil sample was also collected for complete chemical analysis [22].

2.4. Statistical analysis

The data obtained were submitted to individual and joint statistical analysis, relevant to the variables studied, using appropriate mathematical models. The variance was tested by the F test, using the statistical program MINITAB US.2018.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In Fig. 1 (a) and (b) which presents the results obtained for the weight of green (a) and dry matter (b) and in Fig.2 (a) and (b) which shows the respective ascending curves, it is possible to observe that the treatment with only *Salicornia neei* showed a better production of green matter (GMP), equal to 123.64kg/ha, and dry matter production (DMP), equal to 24.73kg/ha, when irrigated with desalination waste and grown in soil with medium texture, compared to clayey texture soil, water irrigation, only *Pennisetum glaucum* (0.00kg/ha) and to soil with clayey texture, irrigation with waste, only *Salicornia neei* (0.00kg/ha).

According to [6], *Pennisetum glaucum* is an important option among the plant species used for soil coverage, as it has a dry matter production capacity of 9.65t/ha at full bloom and has a C/N ratio of 30 or greater in the rubber and flowering phases, reaching up to 20 t/ha of DMP, lower values than that found in this research.

According to [23] the bromatological composition of genomic combinations of elephant grass and millet showed an average production of total green matter (GMP) of the millet genotypes of 28.63 t/ha/cutting, and the elephant grass cultivar stood out with a production of 55.03 t/ha/cutting. The results for GMP demonstrated that the different genomic combinations have productive potential for the development of forage cultivars.

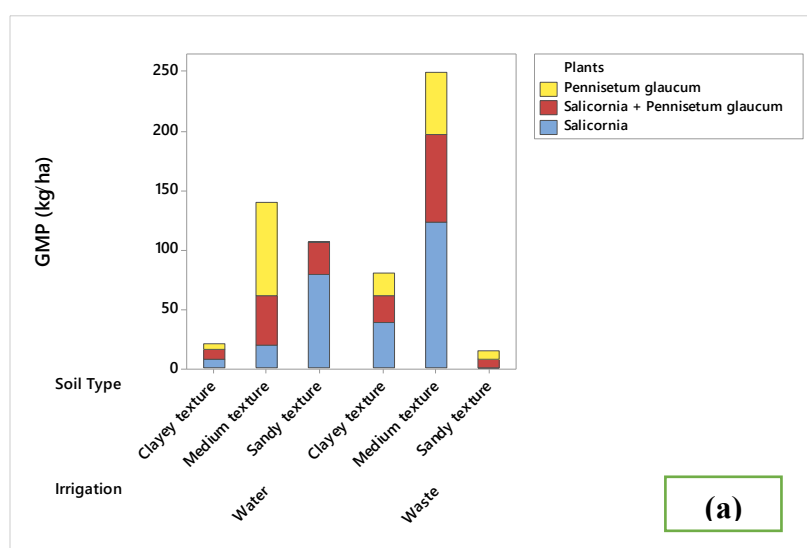
In the experiment by [24], millet showed high conversion to green and dry matter when subjected to the 275mm blade of irrigation with wastewater. The intercropping of millet with lab-lab beans did not interfere with the production of millet.

To [25], there was a significant effect in relation to the green matter, which presented an estimate for each increment of 1 mm of irrigation blade than the green matter of the millet, being obtained the average of 47.06 t/ha.

Work [26] shows that millet had a satisfactory production in 67 days after sowing (DAS), with an average of 2, 223.7kg.

The experiment by [27], for 90 days, was in a completely randomized design, consisting of millet cultivars (ADR-300; ADR-500; BRS-1501 and BN-2) where the DM contents differed between cultivars, varying from 50.18 to 60.56% for ADR-300 and BRS-1501, respectively. The average production was 2,055.62 kg/ha of dry matter.

It can be seen from Fig.2 (a) and (b) the upward effect on plant growth, increased production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) starting from the soil with clayey texture, reaching its peak in the medium texture and decreasing in the sandy texture. Similarly, analyzing the plant factor: the use of the consortium of *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum* did not show any greater growth; however, with the use of only *Salicornia neei* there is a greater growth in GMP and DMP. Finally, analyzing the use of water or desalination waste, there is a greater production of DMP and GMP with the use of the waste.



(a)

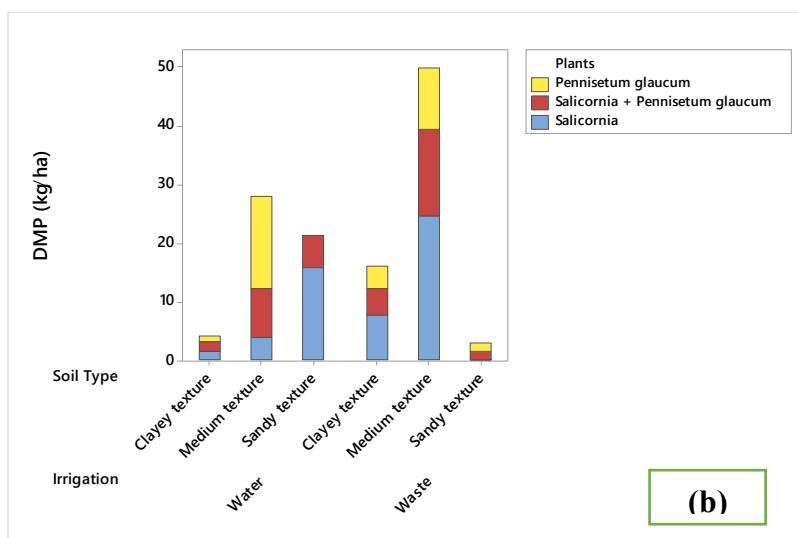
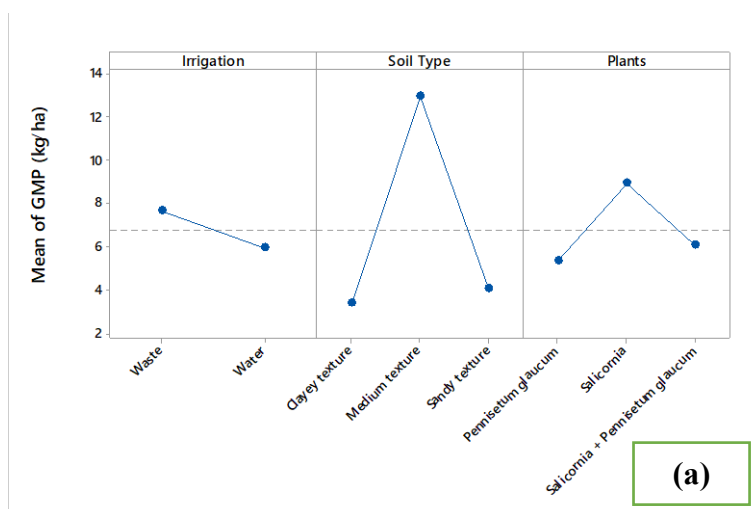


Fig. 1. Results obtained for the production of green matter - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject



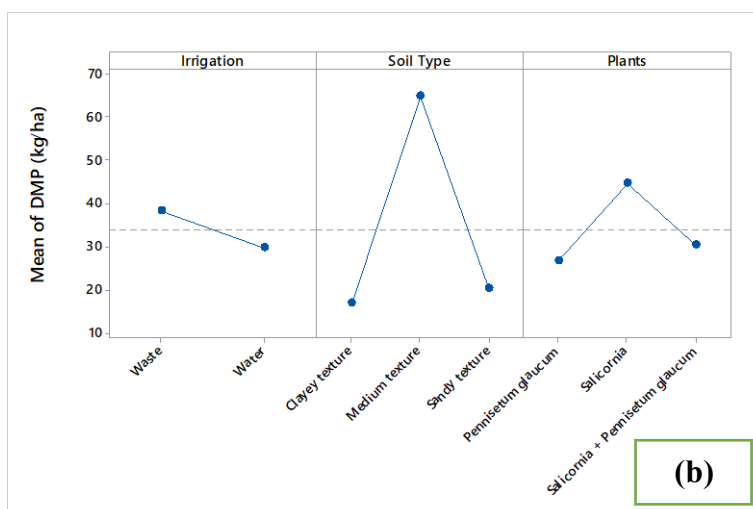


Fig. 2. Results obtained for the upward effect of green matter production - GMP (a) and dry - DMP (b) from *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soil and irrigated with water and desalinator reject

In Fig. 3, it is observed, by the simultaneous optimization of the studied variables that the millet responded satisfactorily to the Na^+ absorption (5.79%) in the soil with a clayey texture, irrigated with desalination waste and in the consortium of *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum*. The most satisfactory results for total protein - TP (13.69%), total nitrogen - TN (2.19%) and total fiber - TF (27.87%) were in clayey soil, irrigated with water and in the consortium of *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum*. For Ca^+ (2.53%), the best absorption was in the soil with a sandy texture, irrigated with water and only *Salicornia neei*. All of these results, therefore, favored the production of green matter (GMP) and the consequent production of dry matter (DMP).

In a study by [8], to determine plant species with potential for phytoextraction in the soil, millet was indicated. In the determination of K^+ it was noted that millet was the plant that most phytoextracted this element and was statistically similar to alfalfa; this can be attributed to the preferential absorption of monovalent ions by grasses/*poaceae*. In the case of Ca^{2+} and Mg^{2+} , the greatest extraction also occurred when the soil was cultivated with millet and alfalfa, demonstrating the great extraction power of these crops.

To [28], TP levels were similar for all millet cultivars, with an average value of 7.78%, lower than that found in this research (13.69%). TN doses did not influence ($P > 0.05$) on TF levels. There was a difference in TF levels between cultivars ($P < 0.05$), ranging from 36.10 to 41.91% for cultivars ADR-300 and BN-2, respectively, values higher than those found in this experiment (27.87%).

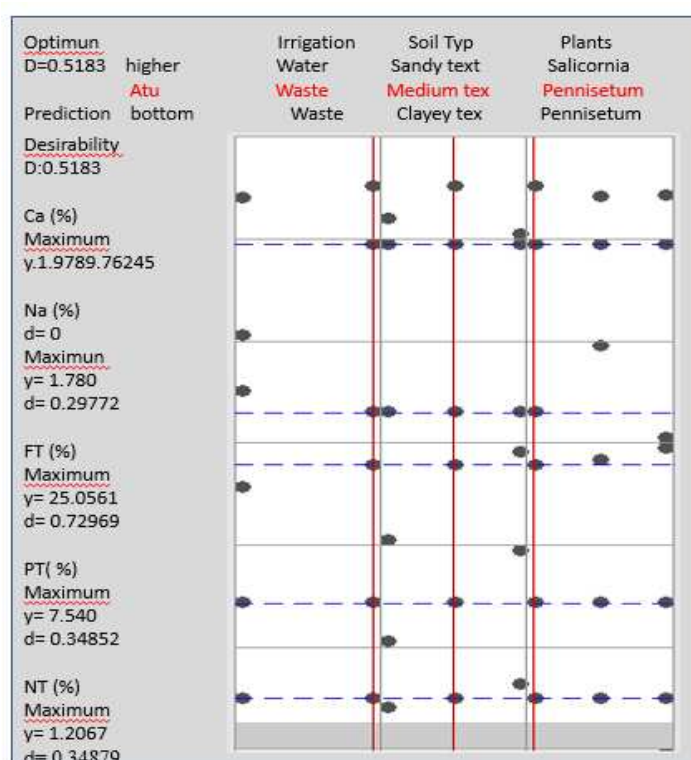


Fig. 3. Results obtained for absorption of nutrients by *Salicornia neei* intercropped, or not, with millet (*Pennisetum glaucum*), in three different textures of soils and irrigated with water and desalinator reject

4. CONCLUSION

Salicornia neei presented a better production of green matter (123.64kg/ha) and dry (24.73kg/ha), when irrigated with desalination waste and cultivated in the soil with medium texture. The consortium of *Salicornia neei* and *Pennisetum glaucum*, in soil with a clayey

texture, presented better results for TF (27.87%), TP (13.69%) and TN (2.19%) when irrigated with water; and greater sodium absorption (5.79%) when irrigated with desalination waste. For the absorption of calcium (2.53%) there was a response for the soil with sandy texture, irrigation with water and only for *Salicornia neei*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the master's scholarship, to the Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE) for the research aid, to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the physical space, to the Consortium Universitas for the research aid and to the Analytical Chemistry Laboratory of Universidade Católica de Pernambuco for the support in the experiments.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

- [1] Nóbrega EB, França AFS, Myagi ES, Santos AC. Production and chemical composition of straw of millet cultivars under nitrogen doses. *Singular Meio Ambiente e Agrárias*, 2019; 1 (1): 38-44.
- [2] Santos Júnior JÁ, Souza CF, Pérez-Marin AM, Cavalcante AR, Medeiros SS. Interaction of urine and domestic effluent in the production of millet cultivated in soils from the semiarid region of Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2015; 19 (95): 456-463.
- [3] Ausiku AP, Annandale JG, Steyn M, Sanewe AJ. Improving Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) Productivity through Adaptive Management of Water and Nitrogen. *Water*, 2020; 12 (2): 1-21.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

[4] Almeida MCR, Leite MLMV, Sá Júnior EH, Cruz MG, Moura GA, Moura EA, Sá GAS, Lucena LRR. Vegetative growth of millet cultivars under diferente water availability. *Magistra*, 2018; 29 (2): 161-171.

[5] Burin C, Cargnelutti Filho A, Alves BM, Toebe M, Kleinpaul JA. Plot size and number of replicates in times of sowing and cuts of millet. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2016; 20 (2): 119-127.

[6] Rocha JML, Santos AC, Silveira Junior O, Silva RR, Santos JGD, Oliveira LBT. Agronomic characteristics of millet under effects of nitrogen in intercropped and monoculture systems. *Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 2017; 11 (1): 37-43.

[7] Monteiro SS, França JF, Santos D, Vasconcellos A, Marini FS. Millet used as na alternative food for Family farmers. *Cadernos de Agroecologia*, 2016; 10 (3): 1-5.

[8] Silva RZ, Gonçalves FMF, Souza DA, Berti JAS, Reis AS, Vieceli THA, Conte AM. Fitorremediação de solos salinos em sistema de cultivo protegido. *Revista Cultivando o Saber*, 2016; 9(4): 498 - 505.

[9] Chanwala J, Satpati S, Dixit A, Parida A, Giri MK, Dey N. Genome-wide identification and expression. Analysis of WRKY transcription factors in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under dehydration and salinity stress. *BMC Genomics*, 2020; 21 (231): 1-16.

[10] Patel KB, Thakker JN. Deliberating plant growth promoting and mineral-weathering proficiency of strptomyces nanhaiesis ym4 nutritional benefit os millet crop (*Pennisetum glaucum*). *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, 2020; 9 (4):721-726.

[11] Rodrigues WM, Sales ECJ, Monção FP, Marques OFC, Rigueira JPS, Pires DAA, Rufino LDA, Rocha Junior VR, Alves DD, Gomes VM. pH, gaslosses, effluents and nutritional valueof millet silages [*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.] with diferente levels of leucaena (*Leucena Leucocephala* (Lam.) de Wit) in semiarid. *Brazilian Journal of Development*, 2020; 6 (4): 22001-22017.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

[12] Rabelo AJC, Caetano JO, Cruz SJS. Changes of chemical and physical attributes of a Red Latosol in the millet-soybean succession. *Científica*, 2019; 47 (2): 221-230.

[13] TROPICOS. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2019. Disponível em: < <http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?name id=7200300> >. Acesso em: 30 nov. 2019.

[14] Carvalho AA, Montenegro AAA, Tabosa JN, Almeida, Silva AGO, Silveira AVM. Hydro-agricultural reuse: a solution for coping with water scarcity in the Sertão and Agrest of Pernambuco. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2020; 5 (2):140-150.

[15] Figueiredo CVF, Fernandes JG, Gomes EWF, Messias AS. Behaviour of *Salicornia neei* cultivated in different spacing and irrigated with desalinizer tailings. *Advances in Research*, 2020; 20 (6): 1-7.

[16] Alves PR, Lucena EMP, Bonilla OH, Costa CSB. Phenology of the *Salicornia neei* Lag. Cultivated in Ceara semiarid. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2019; 12 (2): 489-504.

[17] Silva KAV, Oliveira JP, Gomes EWF, Fernandes JG, Messias AS. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. *BioMedical - Journal of Scientific & Technical Research*, 2019a; 21(3):15943-15946.

[18] Silva KAV, Oliveira JP, Fernandes JG, Messias AS. Influence of arbuscular mycorrhizal fungus in the development of *salicornia* in saline water. *Journal of Advances in Microbiology*, 2019b; 16 (4): 1-6.

[19] Carolino JÁ, Guerra HOC, Araújo WP, Sousa JYB, Almeida ESAB, Barreto TS. Geostatistics applied to the study of salinity, Sumé-Paraíba. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 2019; 13 (2): 72-81.

[20] Alves CP, Silva TGF, Alves HKMN, Jardim AMRF, Souza LSB, Cruz Neto JF, Santos JPAS. Palm-sorghum consortium under irrigation depths: soil water balance and crop coefficients. *AgroMeteoros*, 2020; 27(2): 347-356.

Barreto, G.C. de M. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei* Lag. Consorciada...

- [21] AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 18. ed., 2007.
- [22] EMBRAPA. Brazilian Agricultural Research Company. Manual methods of soil analysis. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011: 230.
- [23] Leão FF, Cancellier LL, Pereira AV, Ledo FJS, Afféri FS. Forage production and chemical composition of genomic combinations of elephant grass and millet. *Revista Ciência Agronômica*, 2012; 43(2): 368-375.
- [24] Dantas P, Nascimento J. Irrigação do milheto (*Pennisetum glaucum*) com água residuária no seridó paraibano. *Gestão de Recursos Naturais do Seridó*, 2018: 1-33.
- [25] Moreira EDS. Produção e nutrição mineral de milheto e de milho adubados com biofertilizante suíno em diferentes épocas no norte de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013: 67.
- [26] Gorgen AV. Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivado no cerrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013: 59.
- [27] Nóbrega EB, França AFS, Miyagi ES, Santos AC. Produção e composição bromatológica da palhada de cultivares de milheto sob doses de nitrogênio. *Singular Meio Ambiente e Agrárias*, 2019; 1(1): 13-25.
- [28] Santos TR, Leandro WM, Miranda RF, Antunes Júnior EJ, Cardoso RM. Impact of soil density on the growth of millet varieties. *Multi-Science Journal*, 2018; 13(1): 1-4.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos e pesquisas desse trabalho só adicionam mais legitimidade na potencialidade rentável da utilização do rejeito do dessalinizador. Todavia, a lucratividade do sistema deve ser considerada como ponto de menor relevância, visto que o ganho importante é a redução do impacto ambiental causado pela deposição dos rejeitos na superfície do solo.

Com isso, e diante das análises realizadas, a *Salicornia neei*, o *Pennisetum glaucum*, o *Sorghum sudanense* e a *Nopalea cochenillifera* conseguiram absorver parte do sal incorporado ao solo pela irrigação, mostrando produção efetiva de biomassa. A *Salicornia neei* consorciada com a Palma-miúda (*Nopalea cochenillifera*) apresentou produção de matéria verde e seca igual a, respectivamente, 1.216,74 kg/ha e 243,35 kg/ha. O plantio somente do *Sorghum sudanense* apresentou produção de matéria verde (400 kg/ha) e seca (80 kg/ha), e a *Salicornia neei* em consórcio com o *Sorghum sudanense*, mostrou absorção de sódio (5,91 %), potássio (2,53 %), cálcio (1,77 %) e magnésio (3,29 %). O consórcio *Salicornia neei* e *Pennisetum glaucum* apresentou resultados para fibra total (25,05 %), nitrogênio total (1,20 %) e proteína total (7,54 %) e sódio (1,79 %).

Entender melhor a interação entre a palma, o sorgo, o milho e o cultivo de *Salicornia neei* também é outra linha de trabalho que pode aumentar a eficiência na redução do impacto ambiental, além de gerar renda para famílias que ali residem.

Assim, recomenda-se novos experimentos sobre adubação, fertilização, espaçamentos entre plantas consorciadas, maior período de tempo de condução experimental para chegar a possível floração, experimentos em condições de campo, análise gastronômica, a fim de aumentar a bibliografia sobre a *Salicornia neei* para uso gourmet e consorciação com outras plantas.