



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

LOURENÇO MARREIROS CASTELO BRANCO

**PRODUÇÃO DE MUDAS A PARTIR DE RIZOMAS DE *Bambusa Vulgaris* SOB
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA**

FORTALEZA
2016

LOURENÇO MARREIROS CASTELO BRANCO

PRODUÇÃO DE MUDAS A PARTIR DE RIZOMAS DE *Bambusa Vulgaris* SOB
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Co-orientadora: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho

FORTALEZA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C345p Castelo Branco, Lourenço Marreiros.
 Produção de mudas a partir de rizomas de *Bambusa Vulgaris* sob irrigação com água salina / Lourenço Marreiros Castelo Branco. – 2016.
 76 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
 Coorientação: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho.
1. Bambu. 2. Salinidade. 3. Tolerância à salinidade. 4. Água de irrigação. I. Título.
- CDD 630
-

LOURENÇO MARREIROS CASTELO BRANCO

PRODUÇÃO DE MUDAS A PARTIR DE RIZOMAS DE *Bambusa Vulgaris* SOB
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 29/07/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^a. Dr^a. Albanise Barbosa Marinho (Coorientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará – UFC

Dra. Amanda Soraya Freitas Calvet (Conselheira)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

A Deus, por sempre estar ao meu lado me abençoando e dando forças para que eu pudesse continuar sempre buscando o melhor; à meus pais, Lourenço e Catarina; às minhas irmãs, Camila e Amanda, e à minha namorada Brenda Raquel, por sempre torcerem por minha vitória.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos derramadas sobre mim e toda minha família.

Aos meus pais, por todos os ensinamentos, garra e por sempre me estimularem a progredir na vida, tanto profissional como pessoal.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade me dada e toda estrutura necessária para a realização da minha pós-graduação.

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), mais precisamente pela Fazenda Experimental Piroás (FEP) pelo apoio durante minha pesquisa.

Ao Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, pela acolhida, ensinamentos e atenção durante todo o meu mestrado.

A Prof^{ra}. Albanise Barbosa Marinho, pela paciência, atenção, compreensão e apoio em todas as fases do meu experimento.

Ao Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa, pelas dicas e pelo aceite de convite para participar de minha banca de defesa de mestrado, me auxiliando nas correções do trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Piroás (FEP): Elenir, Franciene, Elivânia, Zé, Wesley, Salgado, Chicão, Eduardo Kinha, Ita, Paulo Ricardo e Nagel. Muito obrigado pelo apoio, sem vocês nada teria sido feito.

Ao meu grande amigo e técnico da FEP, Erasto Oliveira, pela paciência em me auxiliar durante todas as avaliações morfológicas do experimento.

Aos professores e bolsistas de DCR da Unilab: Geocleber, Ciro, Fred e Amanda, pelas dúvidas sanadas e sugestões.

A minha namorada e futura esposa Brenda Raquel, pela dedicação, apoio, confiança, carinho e compreensão.

Ao motorista da Unilab, seu Francisco, por me conduzir à Fazenda Experimental Piroás (FEP) em sábados, domingos e até feriados, para que o experimento pudesse ser conduzido de forma coerente.

Mas o amor leal do Senhor, o seu amor eterno, está com os que o temem e a sua justiça com os filhos dos seus filhos, com os que guardam a sua aliança e se lembram de obedecer aos seus preceitos." (Salmos 103:17 - 18).

RESUMO

A cultura do bambu possui a característica de ter espécies nativas em todos os continentes, à exceção da Europa. O Brasil tem mais de 240 espécies diferentes da planta e é o campeão em biodiversidades de todas as Américas. A salinidade assola, mundialmente, em torno de 930 milhões de ha e uma das principais causas da influência dos sais é o manejo inadequado de águas de irrigação em regiões áridas e semiáridas. Diante disso, há uma necessidade de se ter maiores informações sobre o crescimento da cultura do bambu e sua tolerância à salinidade sob as condições da região do Maciço de Baturité, Ceará. O estudo foi desenvolvido na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), município de Redenção, Ceará, no período de julho a dezembro de 2015. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação: 0,5 (testemunha); 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS.m^{-1} , S1 ao S5, respectivamente; totalizando assim 30 plantas. As mudas de bambu foram plantadas, através de rizomas, em vasos de polietileno com capacidade de 60 L, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,80 m entre vasos na mesma linha. O manejo da irrigação foi baseado na evaporação do tanque classe “A”, sendo a lâmina de irrigação aplicada com um turno de rega de dois dias e de forma a repor 100% da evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina total aplicada durante os 120 dias de ciclo da cultura foi de 555,2 mm. Foram avaliadas a cada 7 dias as variáveis biométricas (altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas). Foram calculadas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e taxas de crescimento relativo (TCR). Foi coletado amostras de solos para avaliar a condutividade elétrica do extrato de solo:água (CE 1:1). As trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática, transpiração) e o índice relativo de clorofila, foram medidos aos 80 e 120 DAT. Ao final do experimento foi mensurada a produção de biomassa seca da parte aérea e foram determinados os teores de íons Na^+ , K^+ , Cl^- e relação Na/K nos caules e folhas. A condutividade elétrica do extrato de solo saturado (CEes) obteve um crescimento linear conforme aumento nos níveis de sais na água de irrigação. O incremento na salinidade da água de irrigação reduziu a altura, diâmetro do caule, número de folhas e a produção de biomassa de plantas de bambu, sendo as reduções mais expressivas em salinidades superiores a 2,5 dS m^{-1} . A taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e o índice relativo de clorofila (IRC) obtiveram um decréscimo linear conforme aumento da salinidade da água de irrigação e tempo de exposição aos sais. Os teores de Na^+ e K^+ foram inversamente proporcionais, tanto no caule

como nas folhas, indicando a existência da competição iônica no processo de absorção. Os menores teores de Na^+ e menores relações Na/K nas folhas indicam que as plantas de bambu apresentam o mecanismo de retenção de íons nos caules, reduzindo o impacto nos tecidos fotossintetizantes. Para a maioria das variáveis empregadas verifica-se que o bambu se mostrou tolerante ou moderadamente tolerante para água com salinidade até $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo um indicativo que essas águas podem ser utilizadas na fase inicial de crescimento da cultura. A altura das plantas não se mostrou uma variável eficiente para detectar o grau de tolerância do bambu à salinidade, possivelmente por que a intensificação do estresse salino afeta mais a produção de perfilhos do que a altura do ramo principal.

Palavras-chave: Bambu. Salinidade. Tolerância à salinidade. Água de irrigação.

ABSTRACT

The bamboo culture has the characteristic of having native species on every continent except Europe. Brazil has more than 240 different plant species and is the champion in biodiversity of the Americas. The ravaging salinity, worldwide, around 930 million ha and a major cause of the influence of salts is inadequate management of irrigation water in arid and semi-arid regions. Thus, there is a need to have more information about the growth of the bamboo culture and its tolerance to salinity under the conditions of de Baturité region, Ceará. The study was conducted at the Experimental Farm Piroás, belonging to the University of International Integration Lusophone African-Brazilian (UNILAB), municipality of Redemption, Ceará, in the period from July to December 2015. The experiment was a completely randomized design (CRD) with five treatments and six repetitions. The treatments consisted of five levels of salinity of irrigation water: 0.5 (control); 1.5; 2.5; 3.5 and 4.5 dS.m⁻¹, S1 to S5, respectively; totaling 30 plants. Bamboo seedlings were planted through rhizomes, polyethylene vessels with 60 liter capacity, with spacing of 1.0 m between rows and 0.80 m between vessels on the same line. Irrigation management was based on the evaporation of the "A" class tank, and the water depth applied with a two-day irrigation interval and in order to restore 100% of the reference evapotranspiration (ET_o). The total depth applied during the 120-day growing season was 555.2 mm. They were evaluated every 7 days biometric variables (plant height, stem diameter and number of leaves). Absolute growth rates were calculated (TCA) and growth rates (RGR). Soil samples were collected to measure the electrical conductivity of soil extract: water (EC 1: 1). Gas exchange (photosynthesis, stomatal conductance, transpiration) and the relative chlorophyll index were measured at 80 and 120 DAT. At the end of the experiment was measured the production of dry biomass of shoot and were determined to Na⁺ ions, K⁺, Cl⁻ and Na / K ratio in the stems and leaves. The electrical conductivity of the saturated soil extract (CE_s) gave a linear increase according to the increase in the levels of salts in the irrigation water. The increase in salinity of irrigation water reduced the height, stem diameter, number of leaves and biomass production of bamboo plants, with the most significant reductions in salinities above 2.5 dS m⁻¹. The net photosynthetic rate (A), stomatal conductance (g_s), transpiration (E) and the relative chlorophyll index (CRI) showed a linear decrease as increase in water salinity and exposure to salts. The concentrations of Na⁺ and K⁺ were inversely proportional, both in the stem and leaves, indicating the existence of ionic competition in the absorption process. The lower levels of Na⁺ and lowest ratios Na/K in the leaves indicate that bamboo plants present

the ion retention mechanism stems, reducing the impact on photosynthetic tissues. For most of the variables used it verifies that the bamboo showed tolerance or moderately tolerant of water with salinity up to 2.5 dS m^{-1} , being an indication that such waters can be used in the initial stage of culture growth. The plant height was not an efficient variable to detect the degree of tolerance to salinity of bamboo, possibly by the intensification of salt stress affects more tiller production than the height of the main branch.

Keywords: Bamboo. Salinity. Salt tolerance. Irrigation water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Localização de Redenção, município onde se realizou o experimento.....	31
Figura 2 — Coleta das mudas de bambu em touceiras próximas ao local do experimento.	33
Figura 3 — Rizomas de bambu prontos para plantio em vasos	34
Figura 4 — Visão geral da disposição das caixas utilizadas para preparo das soluções salinas	36
Figura 5 — Diluição dos sais NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para obtenção do nível salino desejado	37
Figura 6 — Coleta de dados de diâmetro do caule (DC) utilizando-se paquímetro digital	39
Figura 7 — Folhas de bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) totalmente secas.....	39
Figura 8 — Avaliação das trocas gasosas em folhas de bambu com o IRGA.....	40
Figura 9 — Medidor portátil SPAD para obtenção do índice relativo de clorofila (IRC).	41
Figura 10 — Amostras dos órgãos vegetais sendo diluídas em água deionizada	42
Figura 11 — Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE1:1) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016	45
Figura 12 — Alturas das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016	47
Figura 13 — Número de folhas (NF) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016....	49
Figura 14 — Matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	50
Figura 15 — Fotossíntese líquida (A) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016....	52
Figura 16 — Condutância estomática (gs) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016....	54
Figura 17 — Transpiração (E) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016	55

Figura 18 — Índice relativo de clorofila (IRC) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, aos 120 DAT, Redenção, Ceará, 2016.....	57
Figura 19 — Teores de sódio no caule e nas folhas de plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	59
Figura 20 — Teores de potássio nas folhas de plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016....	61
Figura 21 — Relação Na^+/K^+ no caule e nas folhas de plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Classificação das águas salinas em função da condutividade elétrica (CE) em dS.m^{-1} e concentração de sais em mg.L^{-1}	24
Tabela 2 — Concentrações máximas (mg.L^{-1}) recomendadas de elementos-traços em águas de irrigação.....	28
Tabela 3 — Total mensal da pluviosidade, temperatura média e umidade relativa do ar registradas na Fazenda Experimental Piroás durante a condução do experimento	32
Tabela 4 — Valores da análise química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm. Redenção, Ceará, 2016	33
Tabela 5 — Análise da água utilizada na área experimental. Redenção, Ceará, 2016....	34
Tabela 6 — Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução do crescimento ou produtividade.....	42
Tabela 7 — Resumo da análise de variância para a variável Condutividade elétrica do extrato de solo saturado (CEes), em plantas de bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	44
Tabela 8 — Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento: altura (H), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e massa seca parte aérea (MSPA), em plantas de bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	45
Tabela 9 — Diâmetro do caule (DC, em mm) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	48
Tabela 10 — Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em altura para plantas de bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016	49
Tabela 11 — Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), uso eficiente de água (A/E e A/gs) e Índice Relativo de Clorofila (IRC), em plantas de bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 80 e 120 DAP, Redenção, Ceará, 2016	53
Tabela 12 — Eficiência momentânea no uso da água (EmUA) e Eficiência intrínseca no	

	uso da água (EiUA) das plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016	56
Tabela 13 —	Resumo da análise de variância para os teores de Na^+ , K^+ , relação Na/K , Ca^{2+} e Cl^- no caule e folhas de plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016....	58
Tabela 14 —	Porcentagem de redução da altura (H), taxa fotossintética (A), índice relativo de clorofila (IRC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de <i>Bambusa vulgaris</i> submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	A Importância e caracterização da cultura	18
2.2	Formas de propagação	20
2.3	Qualidade da água para irrigação.....	22
2.4	Efeitos da salinidade sobre as plantas.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Identificação e caracterização do local	30
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	32
3.3	Material vegetal	32
3.4	Manejo da irrigação	34
3.5	Obtenção dos níveis salinos aplicados.....	36
3.6	Variáveis analisadas	37
3.6.1	<i>Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE 1:1)</i>	<i>37</i>
3.6.2	<i>Biométricas.....</i>	<i>37</i>
3.6.3	<i>Trocas gasosas, eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), eficiência momentânea no uso da água (EmUA) e índice relativo de clorofila (IRC)</i>	<i>40</i>
3.6.4	<i>Teores de nutrientes das folhas e caules</i>	<i>41</i>
3.6.5	<i>Cálculos dos índices de tolerância</i>	<i>42</i>
3.7	Análises estatísticas.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1	Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE1:1).....	44
4.2	Variáveis de crescimento.....	45
4.3	Trocas gasosas, eficiência momentânea no uso da água (EmUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) e índice relativo de clorofila (IRC)	51
4.4	Teores de nutrientes das folhas e caules	58
4.5	Índices de tolerância à salinidade.....	62
5	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

A cultura do bambu possui presença constante na paisagem brasileira e em toda a zona tropical e parte da zona subtropical da terra. Apresenta várias características favoráveis à função estrutural, tais como: baixa energia de produção se comparada a outros materiais como aço, concreto e madeira; o que resulta em baixo custo; grande e constante produtividade por bambuzal; baixo peso específico, o que reduz o custo de sua trabalhabilidade e transporte; resistência mecânica compatível com os esforços solicitantes a que estaria submetida em estruturas adequadamente dimensionadas.

A China é o país líder na produção mundial de bambu, possuindo catalogada mais de 1.500 aplicações em diversas áreas. É utilizado na construção civil, culinária (broto de bambu), paisagismo, no artesanato, irrigação, na produção de carvão, papel, tecido, móveis, instrumentos musicais, dentre inúmeras outras utilidades. Todavia, embora o bambu seja conhecido e utilizado há várias décadas, ele não foi totalmente explorado ainda (RIBAS, 2015).

O bambu é considerado como sendo pouco exigente com relação ao solo e ao clima, porém, se desenvolve melhor em solos arenosos e com textura leve, de boa drenagem, profundo e com nível médio de fertilidade. Habitam desde o nível do mar até grandes elevações, como em alpes. Estão distribuídos dos trópicos às regiões temperadas, com maior ocorrência nas zonas quentes e com grandes precipitações das regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América do Sul (PEREIRA, 2001).

Em se tratando de água de irrigação, a qualidade da água, pode variar significativamente segundo o tipo e quantidade de sais dissolvidos. Os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou é consumida pelas culturas.

É conhecido que plantas submetidas ao estresse salino sofrem diversas alterações fisiológicas, morfológicas e bioquímicas em virtude do excesso de íons e déficit hídrico. Processos naturais são afetados, independente do tempo de exposição aos sais, como crescimento, síntese de proteínas, fotossíntese, metabolismo lipídico, produtividade e equilíbrio nutricional (PARIDA; DAS, 2005).

O bambu no Brasil pode ser uma alternativa importante que poderia complementar a produção de biomassa do país, tendo em vista ser forte adepto desse tipo de matéria-prima para atendimento às suas necessidades energéticas (FILHO; SALGADO,

1987). Porém, faltam informações sobre o manejo da irrigação dessa espécie, particularmente quando se utiliza águas salobras, comuns na região semiárida do Brasil.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento da cultura do bambu e sua tolerância à salinidade sob irrigação com águas salobras nas condições da região do Maciço de Baturité, Ceará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Importância e caracterização da cultura

A cultura do bambu possui a característica de ter espécies nativas em todos os continentes, à exceção da Europa. O Continente Asiático é onde existe o maior número de espécies (cerca de 65%), sendo nativo na China, Coreia, Birmânia, Tailândia, Camboja, Vietnã, Malásia, Índia, Paquistão, Japão, Filipinas, Indonésia e Ceilão (GHAVAMI; MARINHO, 2002).

O bambu pertence à família Poaceae, subfamília Bambusoideae, supertribo bambusatae e tribo bambuseae, que se divide em 11 subtribos e estes estão reunidos em gêneros, agrupados em espécies e estas por sua vez em subespécies e assim por diante (OHRNBERGER, 1999). São conhecidos cerca de 50 gêneros e 1250 espécies, que vai desde espécies pequenas até algumas gigantes que chegam a atingir em torno de 35 metros de altura (PEREIRA, 2001). O Brasil possui mais de 240 espécies diferentes e é o campeão em biodiversidades de todas as Américas.

A espécie *B. vulgaris* é encontrada em todo o mundo, sendo mais fácil na China, Madagascar, Ásia, Austrália, África, América Central e do Sul. Possui colmos que próximo ao solo são eretos e, no topo são envergados, com altura entre 10-20 m e diâmetro entre 4-10 cm. Muito utilizado para construção de barcos, construções temporárias, como matéria-prima na fabricação de papel etc. (OHRNBERGER, 1999).

As três características do bambu que o diferem das demais plantas são: grande quantidade de nós, que podem ter uma função de evitar o encurvamento do colmo; a espessura do colmo, o diâmetro externo e a variação da distância regular do nó com relação à altura do solo, que são conhecidas características macroscópicas de sua estrutura; e por último, a característica chamada de microscópica na qual a fração volumétrica do feixe vascular aumenta no sentido interior-superfície externa do colmo (AMADA et al., 1996).

Antigamente, o bambu era associado, segundo dados do site da Bambuzeria Cruzeiro do Sul – BAMBUCRUS – (2006), uma planta sagrada. Era utilizado, pelos chineses, apenas em cerimônias de nascimento, morte, casamento e iniciação de magos. A analogia que era feita em relação ao espaço vazio entre um nó e outro era que eram tão puros que os anjos ao virem a terra ali se hospedavam. Foi também utilizado em grandes benfeitorias como as pontes suspensas, cúpula dos templos, avião, motor a explosão, entre outras (RIBAS, 2015).

Segundo alguns dados do site Bambuzeria Cruzeiro do Sul – BAMBUCRUS – (2006), as espécies mais comuns no Brasil são: Bambu-verde (*Bambusa Vulgaris*); Bambu-imperial (*Bambusa vulgaris variedade vittata*); Bambu-comum (*Bambusa tuldoides*); Bambu-gigante ou Bambu-balde (*Dendrocalamus giganteus*) e Bambu-chinês (*Phyllostachys*). Todas essas mencionadas são de origem asiática, exóticas e chegaram ao Brasil por imigrantes de Portugal, encontrando aqui uma boa adaptação, possuindo uma maior incidência nos estados do São Paulo, Acre, Minas Gerais, e Rio de Janeiro.

No Brasil, a maioria das espécies nativas é do tipo ornamental. A grande curiosidade é que elas são conhecidas de acordo com a região em que estão inseridas: Cambaúba (centro e norte do estado de Minas Gerais); Cana-brava (encontrada no município de Uberaba, Minas Gerais); Taboca (*Antrostilidium pubescens*; em Pernambuco recebe o nome de Taquara); Taquara (quase todo o estado de Minas Gerais e em algumas regiões do estado de Goiás); Taquari (diversas regiões do país); Taquaraçu (Mata Atlântica) (RIBAS, 2015).

O bambu é uma planta milenar, contudo, mesmo com essa característica não é totalmente conhecida pelos botânicos. Isso ocorre em virtude da característica marcante dessa planta, que ela floresce e tem frutos, segundo cada espécie, a cada 30, 60 ou 100 anos, e a identificação das plantas, de uma forma geral, ocorre através das características das flores e frutos. Por esse fato, é comum que uma mesma espécie tenha sido classificada em gêneros distintos por diferente botânicos (GHAVAMI; MARINHO, 2002).

Anatomicamente o bambu é constituído por 40% de fibras, 50% de células parenquimatosas e apenas 10% de vasos (LIESE, 1980). Por esse fator, segundo Ghavami e Rodrigues (2000), o bambu pode ser descrito como sendo um material de fibras longas e alinhadas, imersas em uma camada de lignina. Há uma maior concentração dessas fibras à medida que se aproxima mais da casca, dessa forma, têm-se um material que resiste às cargas de ventos fortes, fator esse que é constante durante toda a vida do bambu no meio ambiente em que ele situa-se.

Estruturalmente, os nós e entrenós do bambu, variam na morfologia de acordo com o rizoma, talo e aos galhos. O rizoma possui a função de armazenamento de nutrientes que são distribuídos a toda a planta, também funciona como elemento de propagação, quando a reprodução se realiza de forma assexuada através da ramificação dos rizomas (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

O crescimento do bambu é bastante rápido, fato este comprovado em virtude dele atingir seu tamanho máximo definitivo após 3 a 6 meses de sua brotação no solo. Após esse

período, ocorre o processo de lignificação de seus tecidos, que dura em torno de 03 anos, podendo variar conforme a espécie analisada (MOREIRA; GHAVAMI, 1997). Segundo Spence e Cook (1982) seu crescimento é tão rápido que não existe nenhuma planta que o assemelhe. Em condições normais, em 24h, um colmo novo pode crescer de 30 a 40 cm.

Existem dois grandes grupos nos quais são classificados a cultura do bambu: paquimorfos e leptomorfos. O primeiro tem a característica de possuir raízes curtas e grossas com brotos próximos, na qual as pontas produzem os colmos, e com isso, formam touceiras que se emaranham com bastante facilidade. O grupo dos leptomorfos produzem longas e finas extensões do rizoma, na qual os brotos emitem um único colmo com intervalos regulares. Com isso, formam bosques que possibilitam o trânsito facilmente de pessoas entre os colmos, facilitando atividades de corte e colheita. Em espécies do grupo paquimorfo, o talo é originário no ápice do rizoma enquanto que nos leptomorfos, em gemas laterais (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

O bambu, por ser um material biológico, está sujeito a sofrer deterioração através da ação de fungos e insetos. Segundo Ghavami e Toledo (1992), em virtude dessa alta deterioração, é necessário que as estruturas, quando utilizados na engenharia, sejam reconstituídas a cada 2 ou 3 anos e que se adotem alguns tratamentos preventivos adequados. Tomando esses cuidados, a vida útil das construções de bambu pode chegar a 15 anos ou mais, e adotando uma manutenção regular, pode durar até mais de 100 anos.

2.2 Formas de propagação

O bambu pode ser explorado bem na maioria dos solos, todavia se adaptam melhor em solos com grande profundidade, boa drenagem e em solos arenosos e leves. O plantio em solos argilosos (pesados) e sujeitos a alagamentos devem ser evitados para que não se prejudique seu desenvolvimento. Um local recomendado para seu plantio é no entorno de lagos, rios e riachos, exercendo a função de mata ciliar e evitando a erosão (GRAÇA, 1998).

A espécie *bambusa vulgaris* var. *vittata*, também conhecida como bambu-imperial, nativa da Malásia, é considerada a mais importante do mundo, sendo utilizada na construção civil, principalmente em países como Colômbia e Equador, em virtude à facilidade praticidade com que os colmos são cortados e transportados, pelo alto tempo de vida útil e pelo efeito de proporcionar uma boa ambientação (ALBERTINI, 1979).

As formas de propagação assexuada podem ocorrer de formas naturais no meio ambiente, em casos que as plantas desenvolvem uma forma de se propagar, através da

rebentação de raízes, ou da fusão de raízes em plantas bem próximas. Contudo, alguns métodos artificiais, como estaquia, enxertia e a mergulhia, foram criados como alternativas para que abrisse um maior leque na propagação de plantas (SILVA, 1985).

No bambu, a forma de propagação mais utilizada é a assexuada, do tipo vegetativa, tendo em vista que o florescimento e, conseqüentemente, a produção de sementes é um fenômeno muito raro de ser percebido. Na propagação vegetativa são utilizadas as partes aéreas, identificadas como colmos, ramos laterais e rizomas. O benefício primordial, quando se trata desse tipo de propagação, é a obtenção de clones com uniformidade fenotípica, mantendo-se assim características idênticas à touceira mãe. Contudo, a propagação sexuada traz a vantagem da existência da variabilidade genética, fator este que é interessante do ponto de vista da biodiversidade e ecológico (SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2011).

Alguns fatores são considerados para que se tenha uma boa propagação vegetativa, entre os quais destaca-se: posição da gema no colmo; quantidade de reservas e diferenciação dos tecidos; presença de folhas nas estacas; espécie, época da coleta e tipo de substrato são as características mais importantes para que se tenha sucesso (AZEVEDO et al., 2009). As posições de retirada dos ramos para a formação das estacas podem ser: basal, próxima ao solo; mediana, meio do colmo em relação ao comprimento; e apical, no ápice da ponta do colmo. Segundo Azevedo et al. (2009), ao longo do ramo ocorre uma variação na concentração de carboidratos e de substâncias promotoras e inibidoras do crescimento nos tecidos, no qual podem ocorrer influências no potencial de enraizamento dos materiais de acordo com a posição escolhida para a retirada.

O rizoma é uma estrutura de extrema importância no desenvolvimento do bambu, pois é a através dele que são armazenados os nutrientes que são distribuídos a todos os colmos e também é responsável pela propagação do mesmo (COSTA, 2014).

De acordo com Tofanelli et. al. (2002), as estacas produzidas a partir de caules possuem maiores vantagens por conta da facilidade de obtenção e alta oferta de disponibilidade de material.

Segundo Silva (1985), as estacas podem ser originárias da parte aéreas das plantas e são subdivididas em dois grupos: herbáceas e lenhosas, podendo ter origem na parte subterrânea das plantas, como as de raiz.

A produção de mudas de forma assexuada, proposta por Pereira e Beraldo (2007), segue os seguintes passos: 1) identifica-se uma seção com dois nós, na qual devem possuir uma ou mais gemas primárias, brotadas ou não, perfurando-se, em seguida, o entre nó e preenchendo com água. 2) seleção de parte do colmo que contenha, de preferência, um nó

com gema brotada, seccionando abaixo do nó, seguido de outro corte bem pouco acima do mesmo nó, de maneira a se formar um copinho quando for enterrado. Esses dois passos podem ser realizados no local definitivo ou transplantados após o enraizamento em casa de vegetação. Esses mesmos autores realizaram algumas avaliações do pegamento, e observaram que o percentual de enraizamento, dependendo das condições ambientais, foi entre 20 a quase 100%.

2.3 Qualidade da água para irrigação

A salinidade atinge, mundialmente, em torno de 930 milhões de hectares, e infelizmente esse quantitativo tende a aumentar. Existe uma estimativa que nos próximos 45 anos, 6% das áreas utilizadas para agricultura estarão salinizadas. A parcela que representa a área irrigada, apesar de relativamente baixa, é a principal responsável por cerca de um terço da produção de alimentos em todo o mundo, e cerca de 25% de toda essa área já encontra-se sob influências dos sais (FAO, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Uma das principais causas da influência dos sais é o manejo inadequado de águas salinas na irrigação em regiões áridas e semiáridas, que podem ocasionar no acúmulo gradativo de sais no solo, resultando em alguns casos, como ocorreu em algumas regiões do Paquistão, na esterilização dos solos, onde dois milhões de hectares já foram abandonados, em virtude da salinização do solo (DE VILLIERS, 2002). Nas regiões semiáridas nordestina, em torno de 12% da área dos perímetros irrigados, que são de responsabilidade do DNOCS, já se encontram salinizadas (GUEYI, 2000).

Segundo Williams (1987), o processo de salinização ocorre a partir de dois fatores: o natural, denominado de salinização primária, e o antropogênico, conhecido como salinização secundária.

O fator mais comum que contribui para a formação de solos salinos ocorre quando se aplica uma água com elevada concentração de sais solúveis e isso, aliado a um sistema de irrigação e/ou drenagem mal manejado, promove o acúmulo desses sais no solo, podendo afetar o crescimento e desenvolvimento de espécies de interesse econômico. Isso se agrava em regiões áridas e semiáridas em virtude das variáveis evaporação e transpiração, juntas, excederem as precipitações pluviais da região (GHEY; CORREIA; FERNANDES, 2005).

A salinização primária decorre de um processo natural desenvolvido em regiões onde ocorre a predominância de déficit hídrico, ou seja, baixas precipitações aliadas a um elevado potencial de evaporação, ocasionando assim um aumento constante da concentração

de sais que são obtidos a partir do processo de intemperismo e através da deposição pela ação dos ventos (ROACHE; BAILEY; BOON, 2006). Todavia, a salinização secundária ocorre a partir de atividades humanas como abertura de barreiras de areia entre o mar e as lagoas costeiras (SUZUKI et al., 2002), remoção de vegetação perene (HOOBS, 1993) e irrigação de culturas utilizando águas salinas ou salobras (NEUMANN, 1997).

As características químicas mais utilizadas na classificação da água de irrigação são: pH, condutividade elétrica, teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, boro, razão de adsorção de sódio (RAS), soma de cátions e ânions (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

Dependendo dos níveis de sais solúveis contidos na solução do solo, estes podem influenciar negativamente na produtividade das culturas, obtendo como consequência o prejuízo econômico (BATISTA et al., 2001). Como este conceito é qualitativo, e não quantitativo, e não é especificado quais os diferentes tipos de sais existentes em excesso, são classificados como solos salinos os que possuem condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ($CE_{es} \geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$; percentagem de sódio trocável (PST) $< 15\%$ e $pH < 8,5$; são considerados sódicos, os que possuem $CE_{es} < 4,0 \text{ dS m}^{-1}$; PST $> 15\%$ e $pH > 8,5$ e, por último, os salino-sódicos são os que apresentam $CE_{es} \geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$; PST $> 15\%$ e $pH < 8,5$ (RICHARDS, 1954).

Baseando-se no método do U.S Salinity Laboratory/ARS/USDA proposto por Richards (1954), e a partir dos teores de sais e de sódio na água de irrigação é que a University of California Committee of Consultants (UCCC) elaborou uma classificação da água de irrigação, e nela foram estabelecidas 10 classes de água, em função da condutividade elétrica (CE) e da razão de adsorção de sódio (RAS). Em relação aos níveis de salinidade, utilizou-se os índices C1, C2, C3 e C4 no qual os algarismos de 1 e 4 representam, respectivamente, os limites mínimo e máximo da salinidade, e para o risco de sodicidade foram adotados os índices S1, S2, S3 e S4, tendo o S1 como uma amostra de água com menos sodicidade e o S4 a com maior concentração de sódio. Essa classificação serviu como um excelente guia de classificação das águas de irrigação numa período em que pouco se conhecia o tema (HOLANDA et al., 2010).

A partir da evolução dos estudos sobre a qualidade de água para fins de irrigação, a partir do ano de 1950, a classificação proposta por Richards, mundialmente utilizada, apresentava alguns entraves, incluindo erros conceituais. Logo, Holanda et al., (2010), sugeriram aos laboratórios de análises que as variáveis que representavam os riscos de

salinidade, sodicidade/infiltração e toxicidade iônica fossem representados pelas letras C, S e T, respectivamente, com subscritos numéricos (1 a 4) para classificar o grau do problema.

Fatores como, as condições de uso do solo; cultura; práticas de manejo; clima e solo são primordiais quando se trata da utilização das águas salinas para irrigação, ocasionando assim as classificações de água quanto à qualidade não recomendada para avaliar a adequabilidade de água para fins de irrigação. Entretanto, Rhoades; Kandiah; Mashali (2000) sugerem a necessidade de se ter um esquema de classificação, com o objetivo de identificar os níveis de salinidade de água, propondo em termos de concentração total de sais, expressos em condutividade elétrica e o tipo de água correlacionada a cada uma das classes (Tabela 1).

Tabela 1- Classificação das águas salinas em função da condutividade elétrica (CE) em dS.m^{-1} e concentração de sais em mg.L^{-1}

Classes de água	CE (dS.m^{-1})	Concentração de sais (mg.L^{-1})	Tipos de água
Não salina	< 0,7	< 500	Potável e água de irrigação
Ligeiramente salina	0,7 – 2	500 – 1.500	Água de irrigação
Moderadamente salina	2 – 10	1.500 – 7.000	Água de drenagem primária e subterrânea
Altamente salina	10 – 25	7.000 – 15.000	Água de drenagem secundária e subterrânea
Excessivamente salina	25 – 45	15.000 – 35.000	Água subterrânea altamente salina
Salmoura	> 45	> 35.000	Água do mar

Fonte: Rhoades et al. (2000).

O balanço hídrico negativo, representado pela evaporação superando a precipitação, e a distribuição irregular espacial e temporal das chuvas, são dois fatores do semiárido nordestino que tornam a região um caso específico (MENEZES; SAMPAIO, 2000). Por esse fator, a produção agrícola torna-se uma atividade de alto risco, pois a dependência das precipitações é enorme (agricultura de sequeiro). Além disso, existe as tecnologias utilizadas nesse tipo de agricultura que têm uma enorme contribuição para que processos de degradação ambiental ocorram, ocasionando, em alguns casos, o processo de desertificação (ARAÚJO FILHO; BARBOSA, 2000). As águas armazenadas nas grandes barragens que compõem os perímetros públicos de irrigação do Nordeste do Brasil, apresentam condutividade elétrica (CE) < 0,7 dS m^{-1} , entretanto existe a problemática de apresentarem concentrações de bicarbonato superiores às do cálcio, que, por sua vez, se igualam a do sódio (MEDEIROS; GHEYI; NASCIMENTO, 2012).

2.4 Efeitos da salinidade sobre as plantas

Os vegetais estão expostos, constantemente, a estresses abióticos. Dentre eles o estresse salino é um dos que mais afetam o crescimento e a produtividade das culturas (VAIDYANATHAN et al., 2003; VEERANAGALLAIAH et al., 2007; ISLÃ; ARAGUÉS, 2010).

Os processos de crescimento e desenvolvimento celular juntamente com os de fotossíntese são apresentados em pesquisas como serem os primeiros a serem alterados quando se há presença de sais (MUUNS; JAMES; LAUCHLI; 2006). O efeito osmótico imediato, ocorrido a partir do aumento da salinidade na zona radicular, promove numa redução da taxa de expansão foliar e surgimento de gemas e brotações laterais (MUNNS; TESTER, 2008). Estes processos mencionados, agem reduzindo as concentrações de carboidratos (ESTEVES; SUSUKI, 2008; TURAN et al., 2009), que tem o papel de desenvolverem diversas funções fisiológicas nas plantas, como crescimento (THOMPSON, 2005), fonte de carbono e energia paraa serem utilizados em processos metabólicos (TAIZ; ZEIGER, 2009) e na resistência ao estresse mecânico (PARRE; GEITMANN, 2005). O crescimento e desenvolvimento das plantas têm alterações a partir de altos teores de sais, em virtude do componente osmótico, representado pela diminuição dos potenciais osmótico e hídrico da solução do solo, e do componente iônico, provocando o desbalanceamento nutricional e efeitos tóxicos de alguns íons específicos (MAAS, 1990).

A presença salinidade inibe os processos de fotossíntese e transpiração (ROBINSON et al., 1997; TAIZ; ZEIGER, 2009; PIZZARRO, 2006), de forma que esse fator é atribuído à reduções na condutância estomática (BRUGNOLI; LAUTERI, 1991), no conteúdo total de clorofila e de carotenóides (GREENWAY; MUNNS, 1980; PARIDA; DAS, 2005) e também por conta do acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nos cloroplastos, que interferem desfavoravelmente os processos bioquímicos e fotoquímicos da fotossíntese (PLAUT, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2009). Segundo Munns (2002), os efeitos imediatos da presença de sais sobre as plantas são: seca fisiológica, pela redução do potencial osmótico da solução do solo; desequilíbrio nutricional por elevada concentração iônica e inibição da absorção de outros cátions pelo sódio; e efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- .

As plantas submetidas ao estresse salino fecham seus estômatos de forma precoce como um mecanismo de defesa, sendo este fenômeno devido à redução da permeabilidade das raízes à água, ocasionando o fenômeno conhecido como estresse hídrico. Os estômatos respondem anteriormente à inibição da fotossíntese e restringem a disponibilidade de CO_2 nos

sítios de assimilação do cloroplasto e esse mecanismo de defesa é, provavelmente, um dos fatores mais importantes no controle da fixação do carbono (SILVA JUNIOR et al., 2012). De acordo com Mendes (2009), o efeito do estresse salino sobre as plantas é consequência de duas variáveis: o componente osmótico, que resulta da elevada concentração de solutos na solução do solo, ocasionando um déficit hídrico por conta da redução do potencial osmótico; e o componente iônico consequência dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , e da alteração da relação Na^+/K^+ .

Os efeitos do estresse salino são estruturados em quatro mecanismos: 1) absorção de água necessária para que se tenha o crescimento celular, podendo ser inibida quando se há um baixo potencial hídrico na rizosfera, denominado estresse osmótico; 2) alguns solutos que são utilizados para ocasionar pressão osmótica podem não estar disponíveis em quantidades suficientes devido a existência da competição do sódio e cloro por sítios de absorção, chamado de desequilíbrio nutricional; 3) o sódio e cloro, mesmo estando presente em quantidades suficientes para serem usado como osmólitos, podem ocasionar efeitos tóxicos (toxidez iônica), em virtude das células não estarem habilitadas a lidar adequadamente com esses íons; 4) reações específicas produzidas a partir de células na presença de elevadas concentrações de NaCl, como a ocorrência da alteração na taxa de síntese da parede celular, denominada resposta regulatória (FRICKE; PETERS, 2002).

A concentração salina excessiva diminui o crescimento das plantas por ocasionar um aumento no consumo de energia para mecanismos de proteção e para que sejam realizados alguns ajustes bioquímicos necessários para que a planta sobreviva em condições de estresse (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000). Os processos fisiológicos mais afetados são: fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos, processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em relação às respostas à salinidade, as espécies vegetais são divididas em dois grupos: as halófitas e glicófitas. As halófitas são espécies nativas de ambiente que possuem grande concentração salina, e as glicófitas, na qual inclui a maioria das espécies cultivadas, têm seu crescimento afetado mesmo em baixas concentrações salinas (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

As glicófitas, classificadas como moderadamente tolerantes à salinidade, possuem um mecanismo que retêm grandes quantidades de sais nos caules, nas raízes e nas folhas, de forma que o ajuste osmótico é dependente do acúmulo de solutos orgânicos (GREENWAY; MUNNS, 1980). Um mecanismo bastante eficiente para balancear os potenciais osmóticos entre o citoplasma e o vacúolo é o aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis

no citoplasma, lúmen, matriz ou estroma das organelas (NIU; HASEGAE; PARDO, 1995; YEO, 1998) evitando, assim, danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS, 2002), protegendo as estruturas e funções celulares (BARRETO, 1997). Já em espécies sensíveis ao estresse salino, os efeitos dos sais se manifestam por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, condutância estomática, fotossíntese e equilíbrio iônico (CABANERO; MARTINEZ; CARVAJAL, 2004; NAVARRO et al., 2003). Na maioria das espécies glicófitas, as células-guarda não possuem a capacidade de expulsar íons, ocasionando assim um fechamento estomático e causando diversos distúrbios nas relações hídricas das plantas (PLAUT, 1995; ROBINSON et al., 1997). A inibição da fotossíntese ocorre em casos em que há altas concentrações de íons sódio e/ou cloreto que se acumulam nas estruturas dos cloroplastos, influenciando assim nos processos metabólicos do carbono e fotofosforilação (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Alguns fatores como espécie e cultivar, ambiente da rizosfera, granulometria do solo, concentração e composição iônica, local e duração do estresse, forma como o estresse é aplicado e interação com outros estresses são levados em consideração no quesito resposta das plantas à salinidade (BRAY et al., 2000; BEZERRA et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Outro fator muito importante, quando se trata da reação das plantas submetidas à salinidade, é a fase de desenvolvimento vegetal na qual o estresse é aplicado. O estágio de germinação, analisando de uma forma geral, é o que a maioria das espécies são tolerantes à salinidade, quando comparados as etapas de estabelecimento da plântula e de crescimento vegetativo, que são as que as culturas são mais sensíveis (PRISCO, 1980; LACERDA, 1995). Nos estádios iniciais, onde ocorre a formação de brotos e folhas e há um predomínio da divisão celular, constata-se uma insensibilidade ao déficit hídrico e à salinidade. Porém, na expansão celular torna-se bem mais sensível aos dois fatores citados acima (KRIEDEMANN, 1986).

A “seca fisiológica” foi um fenômeno, que por muito tempo foi relacionado à causa da inibição do crescimento e da produção de plantas cultivadas em condições salinas. Tal fenômeno ocorre quando se tem uma diminuição do potencial osmótico ou de solutos (Ψ_s) e, por consequência, ocasiona um decréscimo do potencial hídrico (Ψ_w). Como a taxa de absorção de água pela planta é dependente do gradiente de potencial hídrico entre o solo e a planta ($\Delta\Psi_w$), se o Ψ_w da solução do solo diminui, irá ocasionar uma diminuição do $\Delta\Psi_w$, tendo como consequência um decréscimo na taxa de absorção de água (PRISCO, 1980). O potencial hídrico é classificado como o principal fator responsável pelo fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Com isso, sob condições de estresse salino, para que se tenha

mantida a absorção de água, as plantas precisam reduzir o potencial hídrico foliar, tornando-o mais negativo quando ocorre um acréscimo nos níveis de sais solúveis na solução do solo (TAIZ; ZEIGER, 2009). Este processo é conhecido como ajustamento osmótico (BERNSTEIN, 1961).

A variável luminosidade está diretamente relacionada à fotossíntese e a sua intensidade e quantidade podem vir a alterar o metabolismo e crescimento das plantas (LENHARD et. al. 2013). Alguns trabalhos evidenciam que a luz pode influenciar no crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma a alterar características como comprimento do caule e pecíolo, área foliar, matéria seca, partição de biomassa, número de perfilhamento e ramificações, etc. (ZANELLA et. al. 2006, MARTUSCELLO et. al. 2009).

Dependendo da concentração, alguns íons encontrados nas águas salinas podem ser tóxicos para as plantas. Os mais comuns são o sódio, cloreto e boro. Dessa forma, numerosos elementos-traços são considerados essenciais para as plantas, mas grande parte, pode se tornar tóxicos caso apresentem em altas concentrações ou doses. Apesar das informações serem escassas a respeito desses elementos-traços para que se possa determinar um critério de qualidade, as máximas dosagens recomendadas de 15 desses elementos-traços estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Concentrações máximas (mg.L^{-1}) recomendadas de elementos-traços em águas de irrigação

Mo	Cl	Se	Co	B	As	Cr	V	Cu	Mn	Ni	Zn	Li	Fe	Pb
0,01	0,01	0,02	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5	2,5	0,1	0,1

Fonte: Suarez e Lebron, 1993.

Em virtude aos parâmetros desses estudos apresentados serem baseados para proteger plantas sensíveis e animais que se alimentam dessas plantas, pode ser que ocorram alguns equívocos, porém, até que outras diretrizes não sejam apresentadas, elas podem ser seguidas (SUAREZ; LEBRON, 1993).

Em relação à vulnerabilidade das folhas e raízes à presença de águas salinas, as folhas são mais vulneráveis ao Na^+ e Cl^- do que as raízes, simplesmente pelo fato de acumularem maiores concentrações desses íons, por conta de ambos serem transportados pela corrente transpiratória no xilema e se acumulando nas folhas quando ocorre o processo de transpiração. As raízes tendem a manter constantes os níveis de Na^+ e Cl^- ao longo do tempo de exposição ao estresse, a partir da exportação desses íons para o solo ou parte aérea.

Entretanto, existe pouca constatação de recirculação do Na^+ da parte aérea para as raízes, levando a acreditar que o transporte é essencialmente unidirecional, tendo como consequência o acúmulo progressivo desse íon conforme as folhas vão envelhecendo (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Alterações na fisiologia e no metabolismo das plantas podem ser desencadeadas em virtude da salinidade, de forma a afetar o seu crescimento pela absorção de macro e micronutrientes. Dentre os nutrientes, os íons K, Cl, Ca e Mg contribuem de forma fundamentalmente para o potencial osmótico celular, sendo o K o elemento mais importante relacionado a essa função. Além disso, em ambientes salinos o Na passa a ter uma importância particular, substituindo, de forma parcial, o K na diminuição do potencial osmótico das células vegetais (GUIMARÃES, 2005). Alguns autores observaram que os íons Na^+ e Cl^- são os solutos mais importantes no ajustamento osmótico de folhas e raízes de *Atriplex nummularia*, e que K^+ tem sua contribuição diminuída intensamente pela salinidade (SILVEIRA et al., 2009).

A concentração de íons como sódio e cloreto, comparativamente em relação aos outros, e que se encontram na solução do solo, pode ser bastante alta, provocando deficiências nutricionais dos que estão em baixas concentrações (PIZARRO, 1978). As elevadas concentrações de íons específicos, em especial, Na e Cl, podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, sendo frequente a deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (LÄUCHLI; EPSTEIN, 1990).

Algumas consequências das altas concentrações de alguns íons são: inibição da síntese de proteínas e paralisação de diversas enzimas em virtude de alta concentração de sais e alta relação Na^+/K^+ no citossol; excesso de Na^+ desloca o cálcio da plasmalema de células dos pelos absorventes da raiz, afetando a permeabilidade da membrana, acarretando vazamento de K^+ (FERNANDES, 2007).

A redução do teor de K nas folhas tem sido apresentada como uma resposta comum em plantas submetidas ao estresse salino, podendo estar relacionada ao antagonismo entre Na e K durante o processo de absorção (MARSCHNER, 1995). Uma adequada nutrição potássica pode estar associada à tolerância à salinidade (TALEISNIK; GRUNBERG, 1994), podendo a relação Na/K ser utilizada como critério de seleção de genótipos sensíveis e tolerantes ao estresse salino. Alguns autores têm observado que existem diversos sistemas de absorção com diferentes seletividades para K e Na, o que pode indicar a necessidade da planta de coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN; LIU, 1999).

Existem evidências, apontadas em alguns estudos, que o Cl^- é um micronutriente essencial na vida vegetal, sendo absorvido em algumas espécies em quantidade bastante elevadas. Os fisiólogos possuem um maior interesse nas modificações metabólicas provocadas pela presença do cloreto em altas concentrações no meio nutritivo que para os problemas relativos à sua deficiência nas plantas. Esse íon possui uma função importante como cofator, juntamente com o manganês, na evolução do oxigênio no fotossistema II durante a fotossíntese. É um micronutriente imóvel, com baixa redistribuição das folhas para outros órgãos da planta. De uma forma geral, ele se acumula nas folhas das plantas com o tempo e há poucas constatações de seu movimento dos tecidos velhos para os novos. Os danos se manifestam, normalmente, primeiro nas pontas das folhas, e com o tempo se deslocam para as bordas. Efeitos visuais como necroses excessivas nas margens das folhas vêm atrelado, geralmente, por abscisão foliar e bronzeamento prematuro (GAINES, 1984).

Em relação ao sódio, sua toxicidade é mais difícil de diagnosticar que a do cloreto, entretanto tem sido identificada claramente como resultado de alta proporção de sódio na água de irrigação. Ao contrário do cloreto, os sintomas de toxidez por sódio apresentam em forma de queimaduras ou necroses ao longo das bordas das folhas. Somente após vários dias ou semanas que as concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos. Os sintomas aparecem primeiro nas folhas mais velhas e em suas bordas e, a partir de sua intensificação, a necrose alastra-se progressivamente da área internervural até o centro das folhas (GHEYI, 2010). A toxicidade do sódio é frequentemente afetada pela disponibilidade de cálcio no solo. Alguns pesquisadores estão investigando se a toxicidade é manifestada em virtude de uma simples concentração de sódio ou se é um fator mais complexo, que inclui a deficiência de cálcio e outras interações. Em resultados preliminares divulgados, em culturas anuais, são indicadas possibilidades de que a toxicidade manifestada deve-se muito mais à deficiência de cálcio. Se isto for comprovado, tais culturas deverão responder a aplicações de cálcio (GHEYI, 2010).

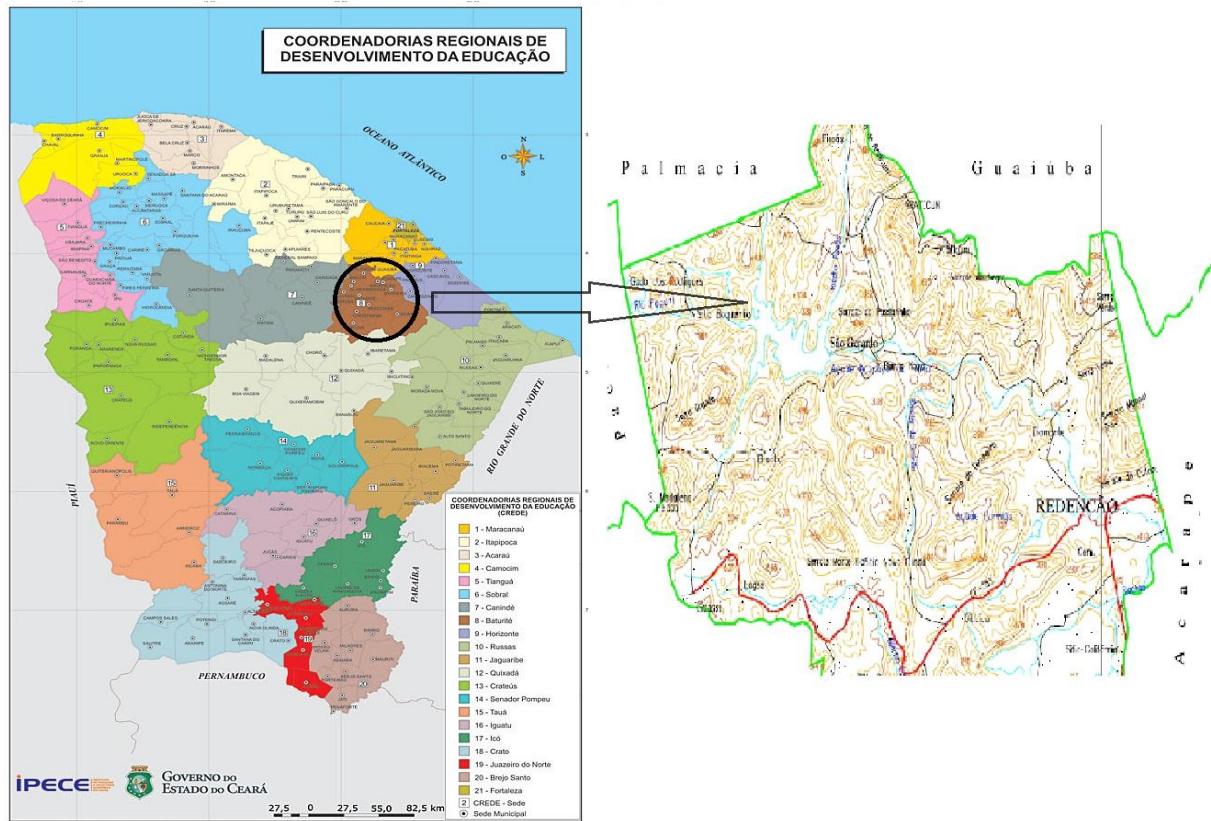
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Identificação e caracterização do local

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada à 80km de Fortaleza, no distrito de Barra Nova, município de Redenção (Figura 1), Ceará, no

Maciço de Baturité, no período de julho a dezembro de 2015. A área experimental encontra-se geograficamente à 04°14'53" S, 38°45'10" W e altitude de 230 metros.

Figura 1 – Localização de Redenção, município onde se realizou o experimento



Fonte: Secretaria da Educação Básica do Ceará (SEDUC).

Fonte: Ipece (2000).

De acordo com Koppen (1923), o clima predominante na região é do tipo Aw', sendo caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono.

Os dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar, durante o período de realização do experimento foram obtidos a partir de um pluviômetro instalado na própria fazenda e auxílio de dataloggers (HOBO U12 Temperature/Relative/Humidity, Modelo: U12-012), sendo os dados coletados a cada hora e apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Total mensal da pluviosidade, temperatura média e umidade relativa do ar registradas na Fazenda Experimental Piroás durante a condução do experimento

MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	UR (%)
AGOSTO	0	28,07	64,43
SETEMBRO	9,88	27,82	66,92
OUTUBRO	3,38	27,43	66,57
NOVEMBRO	3,63	27,85	53,59
DEZEMBRO	51,75	28,2	58,42

Fonte: Fazenda Experimental Piroás – Unilab (2015).

O ambiente onde o experimento foi instalado possui um telado artesanal de 18 m de comprimento e 6 m de largura (totalizando 108 m²), com laterais abertas e 4 m de pé-direito. O telado instalado possibilitou 50% de sombreamento às plantas. O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado na própria fazenda a partir de uma trincheira aberta próximo à área experimental.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido adotando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação: 0,5 (testemunha); 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, S1 ao S5, respectivamente; totalizando assim 30 plantas. As mudas de bambu foram plantadas em vasos de polietileno com capacidade de 60 L, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,80 m entre vasos na mesma linha.

3.3 Material vegetal

A espécie utilizada é exótica (origem asiática), pertencente ao gênero *Bambusa*, espécie *B. vulgaris*. A escolha por essa espécie foi em virtude de sua alta oferta na região do Maciço de Baturité. As mudas foram produzidas a partir de touceiras localizadas próximas ao local do experimento. Com auxílio de chibanca, retiraram-se colmos de bambu com cerca de 20m (Figuras 2 e 3) e preservando toda sua estrutura reprodutiva (rizoma). Logo em seguida, foi realizado o plantio dos rizomas nos vasos. Para obtenção da caracterização química do

solo, foram retiradas amostras e levadas ao Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores da análise química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm. Redenção, Ceará, 2016

Atributos Químicos														
g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹							%		dS m ⁻¹
C	M.O	N	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST	CE
1,98	3,41	0,2	7,3	60	0,11	2	1	0,08	0,33	3,2	3,5	91	2	0,24

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC.

MO= matéria orgânica; PST=Porcentagem de sódio trocável; CE = condutividade elétrica do extrato de saturação; V%= Saturação por bases – $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} / CTC) \times 100$; CTC = Capacidade de troca de cátions – $[Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} + (H^{+} + Al^{3+})]$; SB = Soma de bases $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+})$.

Figura 2 – Coleta das mudas de bambu em touceiras próximas ao local do experimento



Fonte: Autor (2016).

Figura 3 – Rizomas de bambu prontos para plantio em vasos



Fonte: Autor (2016).

3.4 Manejo da irrigação

O método de irrigação empregado foi o localizado e o sistema de irrigação instalado foi por gotejamento, constituído por: uma linha principal, com diâmetro nominal de 50 mm; um filtro de disco e registros; uma linha de derivação com diâmetro nominal de 25 mm, uma motobomba monofásica de 1/3 cv e linhas laterais constituídas por mangueiras de polietileno flexível de baixa densidade (PEBD) de 25 mm, sendo uma para cada fileira de vasos e gotejadores modelo Katif, cor vermelha, com vazão total de 3,75 L h⁻¹.

As características da água utilizada na irrigação do experimento encontram-se apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise da água utilizada na área experimental. Redenção, Ceará, 2016

Atributos Químicos											
Cátions (mmol L ⁻¹)								Ânions (mmol L ⁻¹)			
CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Σ
0,45	6,6	1,3	1,1	1,5	0,7	4,6	1,6	--	3,0	--	4,6
RAS		Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)					Classificação				
0,99		450					C ₂ S ₁				

Fonte: Laboratório de Fisiologia Vegetal, UFC (2016).

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizado o teste de uniformidade do sistema por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), estabelecido por Christiansen (1942), onde o valor encontrado foi de 95,33%, sendo considerado como excelente. O CUC é descrito na equação 01.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) também foi calculado, conforme a equação 02 (KELLER; KARMELI, 1974), apresentando o valor de 91,5%, sendo classificado como excelente.

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum [X_i - \bar{X}]^2}{n \cdot \bar{X}^2} \right) \cdot 100 \dots\dots\dots (01)$$

Em que:

- CUC é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);
- X_i é o volume coletado no gotejador de ordem i (L.h⁻¹);
- \bar{X} é a média dos volumes de todos os gotejadores analisados (L.h⁻¹);
- n é o número de gotejadores analisados

$$CUD = \left(\frac{Q_{25\%}}{Q_m} \right) \cdot 100 \dots\dots\dots (02)$$

Em que:

- CUD é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);
- $Q_{25\%}$ é a vazão média dos 25% menores valores de vazão observada (L.h⁻¹);
- Q_m é a média de todas as vazões observadas (L.h⁻¹);

O manejo da irrigação durante todo o experimento foi baseado no clima, utilizando-se o método indireto do tanque USWB classe “A” que foi instalado bem próximo à área experimental. A lâmina de irrigação aplicada obedeceu a um turno de rega de dois dias e de forma a repor 100% da evapotranspiração de referência (ET_o). Dessa forma, conseguiu-se manter o solo na capacidade de campo e foi também realizada a aplicação de uma fração de lixiviação de 20% para percolação.

A irrigação foi aplicada, com água proveniente de reservatório localizado na fazenda (Tabela 5), até quinze dias após o plantio dos rizomas nos vasos, período que coincide com o estabelecimento da cultura. Após esse período, deu-se início a aplicação dos

tratamentos representados pelos diferentes níveis de salinidade. A lâmina total aplicada durante os 120 dias de ciclo da cultura foi de 555,2 mm numa frequência de aplicação de 2 dias ($TR = 2$ dias).

3.5 Obtenção dos níveis salinos aplicados

Para a obtenção dos níveis salinos S2 ao S5 (1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 $dS\ m^{-1}$ respectivamente), adicionando os sais $NaCl$ e $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ na proporção 7:3 respectivamente, à água S1 (0,5 $dS \cdot m^{-1}$), proporção que se aproxima da observada em muitas fontes no semiárido brasileiro (MEDEIROS, 1992). As massas de $NaCl$ e $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, respectivamente, adicionadas para um volume de 500L, foram pesadas em uma balança comum, sendo: S2: 220 e 117g; S3: 420 e 227g; S4: 625 e 337g e S5: 830 e 448g.

Na diluição dos sais, em um balde pequeno de 20L com água do açude (S1), adicionou-se toda a quantidade de $NaCl$ e $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ necessária à obtenção do nível salino desejado (Figura 5) e promoveu-se a total diluição misturando com auxílio de uma estaca de madeira. Ao final desse procedimento obteve-se uma solução que foi adicionada ao volume total de 500L, correspondente à capacidade máxima da caixa d'água (Figura 4). Com um auxílio de um condutivímetro portátil, os níveis de salinidade foram checados antes de todos os eventos de irrigação realizados, sendo observado que os níveis não ultrapassaram uma amplitude de 10% do teor salino pré-determinado.

Figura 4 – Visão geral da disposição das caixas utilizadas para preparo das soluções salinas



Fonte: Autor (2016).

Figura 5 – Diluição dos sais NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para obtenção do nível salino desejado



Fonte: Autor (2016).

3.6 Variáveis analisadas

Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE 1:1)

Para avaliação do acúmulo de sais no solo, coletaram-se amostras de solos aos 120 dias após aplicação dos tratamentos (120 DAP). As amostras foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, sendo três subamostras por vaso que, após misturadas formaram uma amostra composta para cada vaso. O solo após seco e peneirado, foram utilizados para determinação da condutividade elétrica do extrato de solo:água (CE 1:1), misturando-se 25 g de solo e 25 g de água destilada. Após agitação o material foi deixado em repouso durante 24h, e após nova agitação foi realizada leitura direta com um condutivímetro de bancada digital. Os valores obtidos foram expressos em dS m^{-1} .

Biométricas

A cada 7 dias, foram realizadas medição de altura de plantas (H, em cm), diâmetro do caule (DC, em mm) e número de folhas (NF, através de contagem manual), utilizando-se um trena graduada de fibra de vidro e um paquímetro digital série 307 150 mm – Asimeto, respectivamente (Figura 6). A medida de altura das plantas foi realizada desde o colo da

planta até a inserção da última folha. Essas avaliações biométricas foram realizadas durante 14 semanas e sempre pela mesma pessoa, a fim de se evitar erros durante a coleta de dados.

Com base nos valores de altura calculou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR), representada pelas equações 03 e 04.

$$TCA = \frac{P2 - P1}{T2 - T1} \dots\dots\dots (03)$$

Em que:

- TCA é a Taxa de Crescimento Absoluto em altura;
- P2 e P1 é a variação de crescimento da planta em altura entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2;
- T1 e T2 é o intervalo de tempo em dias entre as avaliações, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação.

$$TCR = \frac{(\ln P2 - \ln P1)}{T2 - T1} \dots\dots\dots (04)$$

Em que:

- TCR é a Taxa de Crescimento Relativo em altura;
- Ln é o logarítmo neperiano;
- P2 e P1 é a variação de crescimento da planta em altura entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2;
- T1 e T2 é o intervalo de tempo em dias entre as avaliações, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação.



Fonte: Autor (2016).

Após essas medições, a parte aérea das plantas foram coletadas e foram divididas em folhas e caule. A matéria seca da parte aérea (MSPA) foi obtida pela soma das biomassas das folhas e dos caules, obtidas após secagem em estufa, de marca Caltech, a 65°C até atingirem uma massa constante, fato esse ocorrido após 48h (Figura 7).

Figura 7 – Folhas de bambu (*Bambusa vulgaris*) totalmente secas



Fonte: Autor (2016).

Trocas gasosas, eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), eficiência momentânea no uso da água (EmUA) e índice relativo de clorofila (IRC)

Aos 80 e 120 DAP, foram realizadas medições da taxa fotossintética (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e taxa de transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em folhas completamente expandidas, entre 8:00 e 12:00 horas, com um analisador de gás no infravermelho (Figura 8), IRGA (Li6400TXT, Licor, USAL), utilizando-se uma fonte de radiação artificial de $1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e sob condições naturais de temperatura e concentração de CO_2 . Com os dados das taxas fotossintéticas (A) e índice relativo de clorofila (IRC) finais foram calculadas as perdas percentuais em relação ao menor nível de salinidade para comparar a tolerância do bambu, conforme Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010). A partir dos dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração foliar, foi estimada a eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA = A/g_s$) e a eficiência momentânea no uso da água ($EmUA = A/E$). Também foi estimado o índice relativo de clorofila (IRC), a partir de um medidor portátil SPAD (modelo 502, Konica Minolta, Osaka, Japão). (Figura 9), nas mesmas folhas utilizadas para as medições das trocas gasosas.

Figura 8 – Avaliação das trocas gasosas em folhas de bambu com o IRGA



Fonte: Autor (2016).

Figura 9 – Medidor portátil SPAD para obtenção do índice relativo de clorofila (IRC)



Fonte: Autor (2016).

Teores de nutrientes das folhas e caules

Para avaliação do estado nutricional das plantas, as folhas e caules foram identificados previamente conforme o tratamento e triturados em moinho tipo Wiley (modelo MA 340, Marconi, BR). Para a determinação de cálcio, sódio e potássio foi preparado um extrato de acordo com a metodologia descrita por Miyazawa, Pavan e Bloch (1984). O cloreto foi extraído a partir da utilização de água desmineralizada, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os teores de cálcio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, os de sódio e potássio por fotometria de chama (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e os de cloreto (GAINES; PARKER; GASCHO, 1984) por colorimetria (Figura 10).

Figura 10 – Amostras dos órgãos vegetais sendo diluídas em água deionizada



Fonte: Autor (2016).

Cálculos dos índices de tolerância

Com os dados de produção de biomassa da parte aérea foram calculadas as perdas percentuais em relação ao menor nível de salinidade para comparar a tolerância do bambu (Tabela 6), conforme Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010). Também se empregou essa metodologia com dados de altura final e valores médios de taxa de fotossíntese e índice relativo de clorofila (IRC), com objetivo de se verificar se a sensibilidade dessas variáveis se assemelha à observada para a produção de biomassa.

Tabela 6 – Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução do crescimento ou produtividade

Redução da Produção (%)	Classificação
0 – 20	Tolerante (T)
20 – 40	Moderadamente Tolerante (MT)
40 – 60	Moderadamente Sensível (MS)
> 60	Sensível (S)

Fonte: Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

3.7 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), aplicando-se o nível de significância de 5% e 1% pelo teste F. Quando resultou em efeito significativo, as médias obtidas dos tratamentos de natureza quantitativa foram submetidas à análise de regressão com o objetivo de estimar a equação que melhor representasse a relação entre as variáveis analisadas e os tratamentos aplicados. As análises estatísticas foram executadas com o auxílio dos softwares EXCEL e ASSISTAT 7.7 Beta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE1:1)

De acordo com a análise de variância (Tabela 7), verificou-se efeito significativo a 1% pelo teste F para a condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE1:1). O efeito ajustou a um modelo linear crescente apresentando um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,87 (Figura 11). A CE1:1 foi mais elevada nos tratamentos que foram aplicados um maior nível de sais na água de irrigação.

O efeito acumulativo dos sais ao longo do tempo, sendo aplicados via água de irrigação, proporcionou maiores valores da CE1:1. Todavia, mesmo sob a aplicação das frações de lixiviação (FL=0,2), durante todo o experimento, constatou-se um aumento significativo da CE1:1 (Figura 11).

Medeiros et al., (2011) analisando o efeito da água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cv. Paluma constataram que o aumento da salinidade da água de irrigação aumenta a salinidade do solo. Corroborando com esse resultado, Cavalcante et al., (2010), analisando os efeitos da água de irrigação, também na cultura da goiabeira, também verificou o aumento da CEes.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a variável Condutividade elétrica do extrato de solo saturado (CEes), em plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

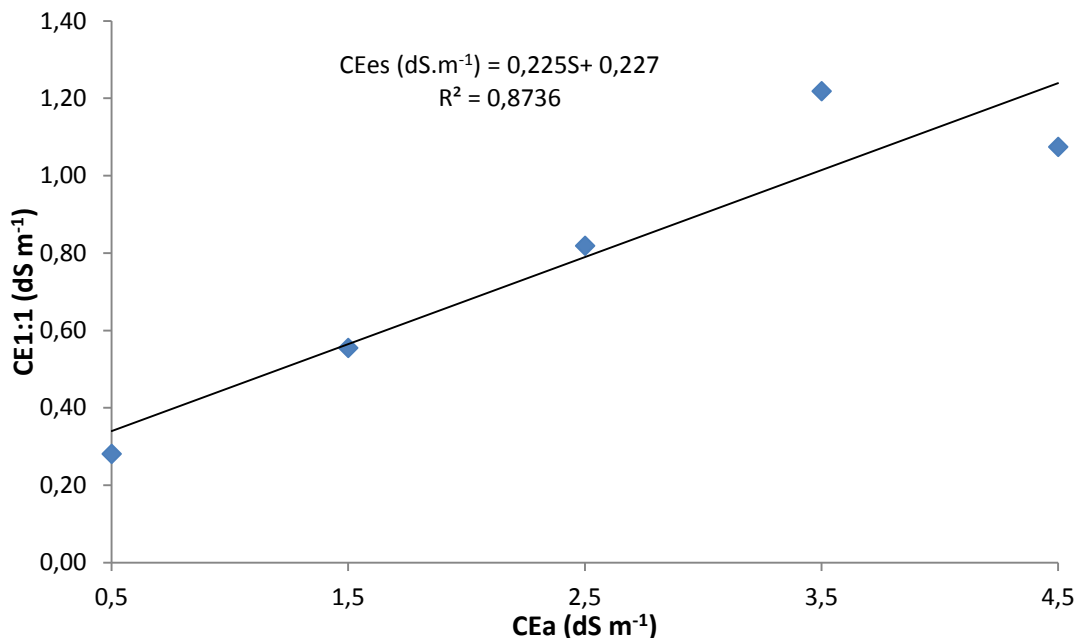
FV	GL	Quadrado Médio	F
Salinidade (A)	4	0,86	13,68**
Resíduo (A)	25	0,06	
Total	29	-	
C.V (%)	31,92	-	

Fonte: Autor (2016).

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV- Coeficiente de variação.

Figura 11 – Condutividade elétrica do extrato 1:1 (m/v) de solo:água (CE1:1) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

4.2 Variáveis de crescimento

A análise de variância apresentada na Tabela 8 mostra que, com exceção da matéria seca total (MST), todas as variáveis de crescimentos analisadas foram influenciadas significativamente pelos diferentes níveis de sais na água de irrigação ($p < 0,01$).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento: altura (H), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e massa seca parte aérea (MSPA), em plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

FV	GL	Quadrado Médio			
		H	DC	NF	MSPA
Semanas (A)	13	26022,5**	75,6**	67133,7**	-
Resíduo (A)	70	1935,8	12,6	2126,7	-
Salinidade (B)	4	32108,4**	275,5**	29292,5**	3898,76**
Int. (A) x (B)	52	511,4**	15,5 ^(ns)	1335,7 ^(ns)	-
Resíduo (B)	280	2078,2	15,3	1926,3	931,72
Total	419	-	-	-	-
CV % (A)	-	42,28	26,16	67,48	-
CV % (B)	-	43,80	28,77	64,23	52,68

Fonte: Autor (2016).

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação.

A análise de regressão mostrou melhor ajustamento ao modelo polinomial quadrático em todos os níveis salinos (Figura 12), indicando que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade desenvolveram uma maior altura quando comparada às irrigadas com maior concentração de sais. Observa-se também que o tempo de exposição aos sais promoveu uma intensificação do estresse causado pela salinidade, comportamento este observando ao detectar uma menor altura das plantas com a progressão das avaliações semanais.

A maior e menor altura observada ao final das avaliações foram de 150,5 e 90 cm, correspondente aos níveis 0,5 e 4,5 dS.m⁻¹, respectivamente. De acordo com as equações de regressão obtidas, houve reduções relativas de 40,2% entre S5 e S1; 17,5% entre S4 e S1; 4,88% entre S3 e S1 e de 4,59% entre S2 e S1.

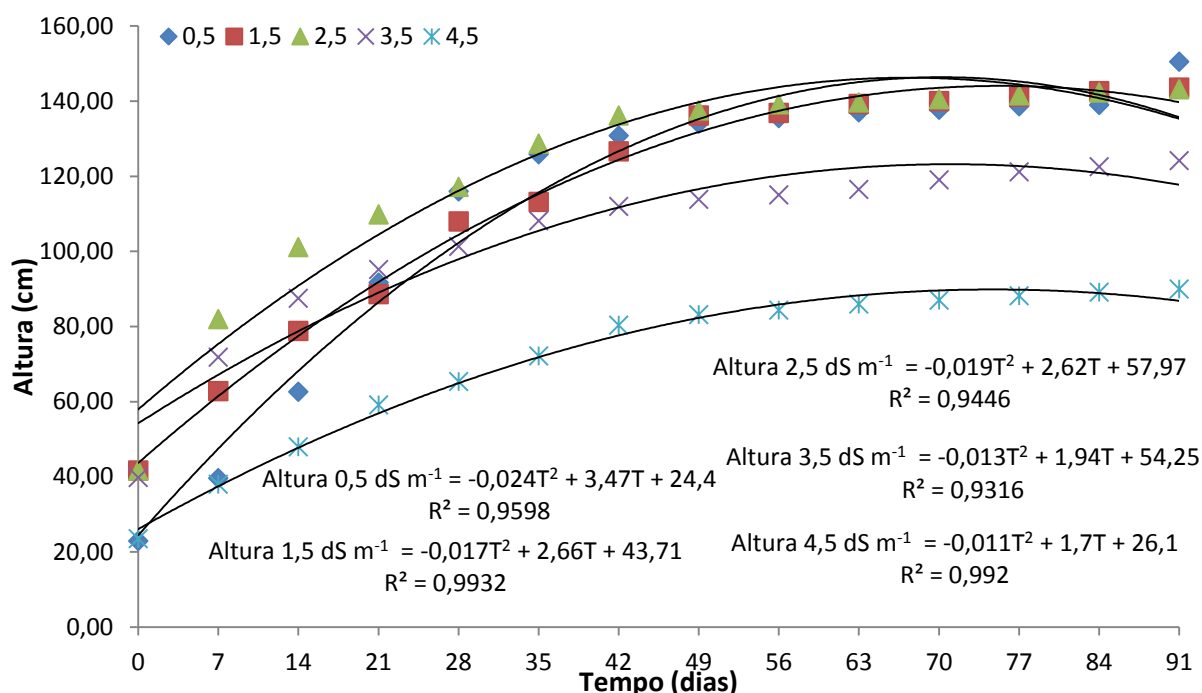
Oliveira et al., (2009) analisando o desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com águas de diferentes salinidades em condições de casa de vegetação, também observaram que o estresse salino afetou o crescimento da cultura em altura das plantas, concordando com o presente trabalho.

Reduções no crescimento das plantas pela salinidade tem sido observadas por Azevedo Neto et al., (2006) e Gondim et al., (2012), em plantas de milho; Alvarez Pizarro et al., (2011) e Trindade et al., (2006), em plantas de sorgo.

Hussain et al., (2004), observaram uma diminuição no comprimento dos colmos em plantas de cana-de-açúcar em níveis mais elevados dos sais via água de irrigação.

Possíveis explicações para o que pode ter ocorrido podem ser constatadas em alguns trabalhos: segundo Zidan, Azaizeh e Newmann (1990), a salinidade afeta o crescimento das plantas em virtude de inibir tanto o processo de divisão celular como o de expansão.

Figura 12 – Alturas das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

Com relação ao diâmetro do caule (DC), verificou-se, pela análise de variância, efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade da água de irrigação, tendo uma tendência de diminuição com a progressão das avaliações (Tabela 8).

Segundo Marçal (2011) para a avaliação do crescimento das plantas, o diâmetro do caule é uma característica importante, pois quanto maior, mais vigorosa e robusta será a planta, porém, apesar de ter sido significativo a um nível de 1%, o diâmetro do caule (DC) apresentou valores muito erráticos, sendo assim, não seguiu uma tendência em seus valores (Tabela 9) e não se ajustando a um modelo matemático.

Souza (2014), avaliando os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, obteve resultado significativo da salinidade em relação ao diâmetro do caule, de forma que a céu aberto a diminuição ocorreu de forma linear a 0,69 e em telado foi de 0,21 mm para cada aumento de unitário da CEa.

Oliveira et al., (2011) citam que o diâmetro do colmo em cana-de-açúcar depende de características genéticas, do espaçamento, da área foliar e condições ambientais, não sendo muito influenciado pela salinidade. Contrariando esse trabalho, Sousa et al., (2012), mostraram que os níveis de salinidade utilizados na água de irrigação não causaram efeitos significativos no diâmetro do colmo em plantas de milho em ambiente de telado.

Normalmente ocorre a inibição do crescimento do diâmetro do caule pode ser provocada por efeitos diretos e indiretos como os efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas principalmente Na e Cl nas células e a redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (MARCAL, 2011).

Tabela 9 – Diâmetro do caule (DC, em mm) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

Cea (dS m ⁻¹)	TEMPO (DIAS)						
	0	7	14	21	28	35	42
0,5	10,2	15	15,1	14,8	14,2	13,6	13,6
1,5	8,1	8,8	11,7	16,5	17,8	17,7	17,3
2,5	12	10,8	10,3	12,5	12,9	13,7	13,5
3,5	10,2	11,1	11,8	13,6	14,1	15,4	15,1
4,5	8	9,1	12,3	12,5	10,6	12,1	12,5
	TEMPO (DIAS)						
	49	56	63	70	77	84	91
0,5	13,7	12,7	14,6	13	13,2	12,2	12,5
1,5	18,3	17,3	18,7	16,5	16,9	17,2	17,3
2,5	14,4	14,9	15,6	14,4	13,1	13,1	13,1
3,5	17,6	15,6	17,4	14,8	16,4	16,1	16,2
4,5	10,9	10,9	11,8	10,7	10,5	10,5	10,5

Fonte: Autor (2016).

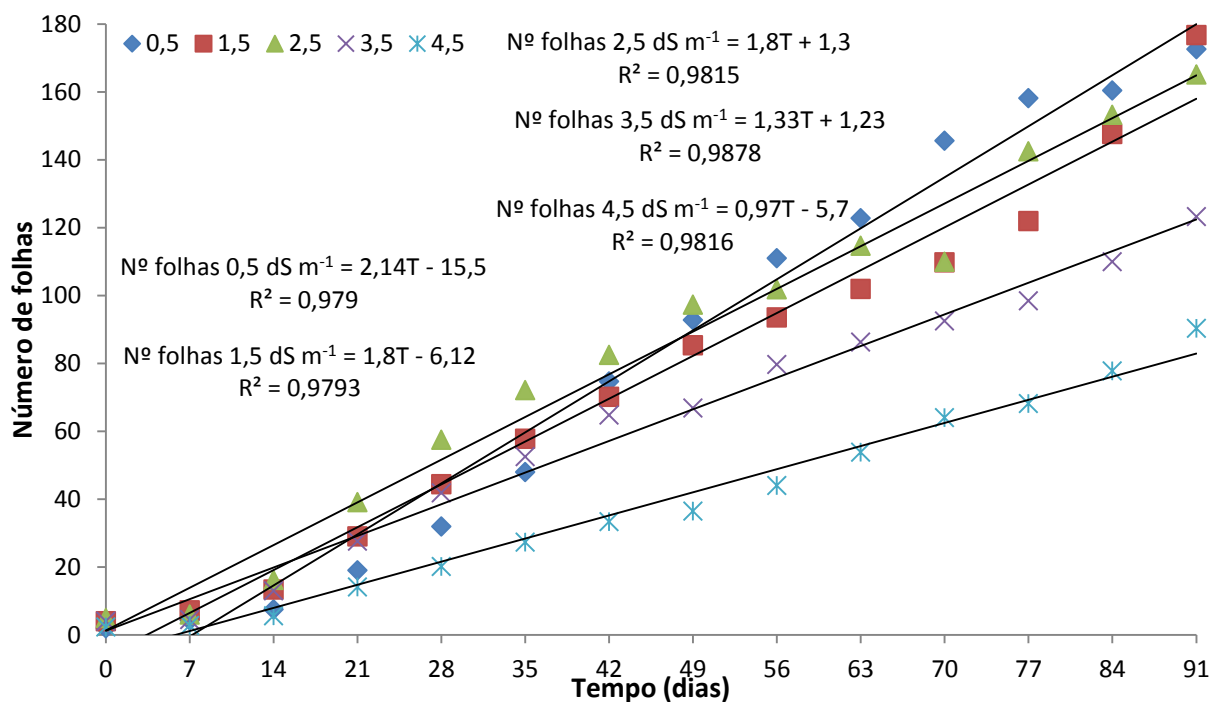
Na variável número de folhas (NF), se observou também o efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade (Figura 13). O comportamento de todos os níveis de salinidade da água de irrigação foi linear crescente com o aumento dos dias de avaliação semanais. O maior e menor número de folhas (NF), observado ao final das avaliações foram de 177 e 90 cm, correspondente aos níveis 1,5 e 4,5 dS.m⁻¹, respectivamente. De acordo com as equações de regressão obtidas (Figura 13), houve reduções relativas de 53,93; 31,78; 7,88 e 12%, entre, respectivamente, S5; S4; S3 e S2 em relação ao S1 (controle).

Corroborando com este estudo, Garcia e Medina (2010), constataram variações no número de folhas em variedades de cana-de-açúcar com diminuição da emissão foliar conforme o nível salino aumentava.

Praxedes (2008), também observou inibição no número de folhas, ao utilizar duas cultivares de feijão de corda, estudadas após 10 dias de exposição ao estresse salino. O declínio no crescimento foliar é visto como uma resposta adaptativa inicial das glicófitas à salinidade, evitando a perda excessiva de água através da transpiração (GREENWAY; MUNNS, 1980). Entretanto, este artifício provoca uma diminuição na área foliar disponível

para a fotossíntese, reduzindo o acúmulo de biomassa nos órgãos da planta (KHAN et al., 2000; PARIDA et al., 2004).

Figura 13 – Número de folhas (NF) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

As estimativas das taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) mostram o comportamento das plantas em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 10).

Tabela 10 – Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em altura para plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

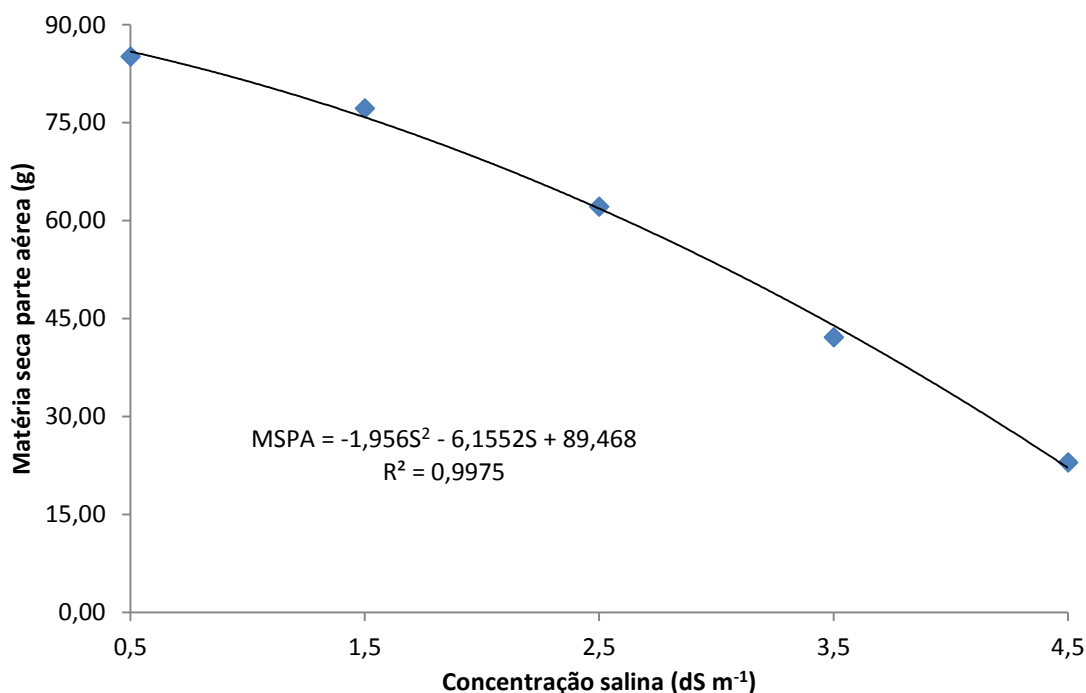
CEa (dS m ⁻¹)	TCA (cm.dia ⁻¹)			TCR (cm)		
	7-28 dias	28-56 dias	56-91 dias	7-28 dias	28-56 dias	56-91 dias
0,5	3,63	0,7	0,43	0,051	0,006	0,003
1,5	2,15	1,03	0,19	0,03	0,008	0,001
2,5	1,67	0,79	0,11	0,017	0,006	0,001
3,5	1,4	0,49	0,26	0,016	0,005	0,002
4,5	1,3	0,68	0,16	0,03	0,009	0,002

Fonte: Autor (2016).

Nos dois primeiros períodos as plantas dos tratamentos S4 e S5 (3,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente) apresentaram as menores TCA e TCR (Tabela 10). Observa-se que com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação ocorre uma redução da TCA e TCR ao passar dos dias. Esse resultado pode ter ocorrido por conta do tempo elevado de exposição aos sais, com isso, as plantas tendem a diminuir seu crescimento em função do acúmulo de sais no solo e pela elevada absorção e acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na e Cl).

A figura 14 ilustra os dados de matéria seca da parte aérea (MSPA) com o aumento da concentração salina (dS m⁻¹). Nota-se que, com o aumento da salinidade da água de irrigação, ocorre um decréscimo na produção de matéria seca, segundo um modelo polinomial quadrático. Aquino et al., (2007), analisando a partição de matéria seca em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas, também observou uma redução na produção de matéria seca da parte aérea (limbo, colmo e bainha). Essas reduções na produção de matéria seca são explicadas pela influência do estresse salino, que podem também alterar a partição de fotoassimilados entre as diversas partes das plantas (GREENWAY; MUNNS, 1980; SILVA et al., 2003).

Figura 14 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

4.3 Trocas gasosas, eficiência momentânea no uso da água (EmUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) e índice relativo de clorofila (IRC)

A análise de variância para a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), uso eficiente de água (A/E e A/gs) e índice relativo de clorofila (IRC) de plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*) aos 80 e 120 DAP, encontram-se na Tabela 11.

Observa-se que a salinidade influenciou significativamente ($p < 0,01$) todas as variáveis de trocas gasosas determinadas nesse trabalho, exceto a EmUA (A/E), EiUA (A/gs) aos 80 e 120 DAP e índice relativo de clorofila (IRC) aos 80 DAP.

A fotossíntese líquida (A) apresentou redução nos resultados, tanto aos 80 e 120 DAP, adequando-se a um modelo linear decrescente nos dois tempos (Figura 15). Essa redução ocorreu a uma taxa de 2,2 e 1,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para cada aumento unitário da concentração salina (dS m^{-1}) (Figura 15), respectivamente aos 80 e 120 DAP.

Em comparação aos tratamentos dos níveis de salinidade, aos 80 DAP, a fotossíntese líquida teve seus valores reduzidos na taxa de 62,3%; 57,8%; 33,8% e 35,2% nos tratamentos S5, S4, S3 e S2 respectivamente, quando comparados ao tratamento S1 (testemunha, 0,5 dS.m^{-1}). Aos 120 DAP, as reduções foram, respectivamente, 68,9%; 54,5%; 40,12% e 7,8%.

A redução na taxa fotossintética pode ser devido ao fechamento parcial dos estômatos, associados aos efeitos osmóticos da salinidade (GUIMARAES, 2005; BEZERRA et al., 2005; WILSON et al., 2006b).

Diversas espécies vegetais mostraram reduções nas suas taxas fotossintéticas quando submetidas à salinidade (GARCIA-SANCHEZ et al., 2006; M'RAH et al., 2006; NAVARRO et al., 2007; PRAXEDES et al., 2010), indicando que a fotossíntese é um fator limitante para o crescimento.

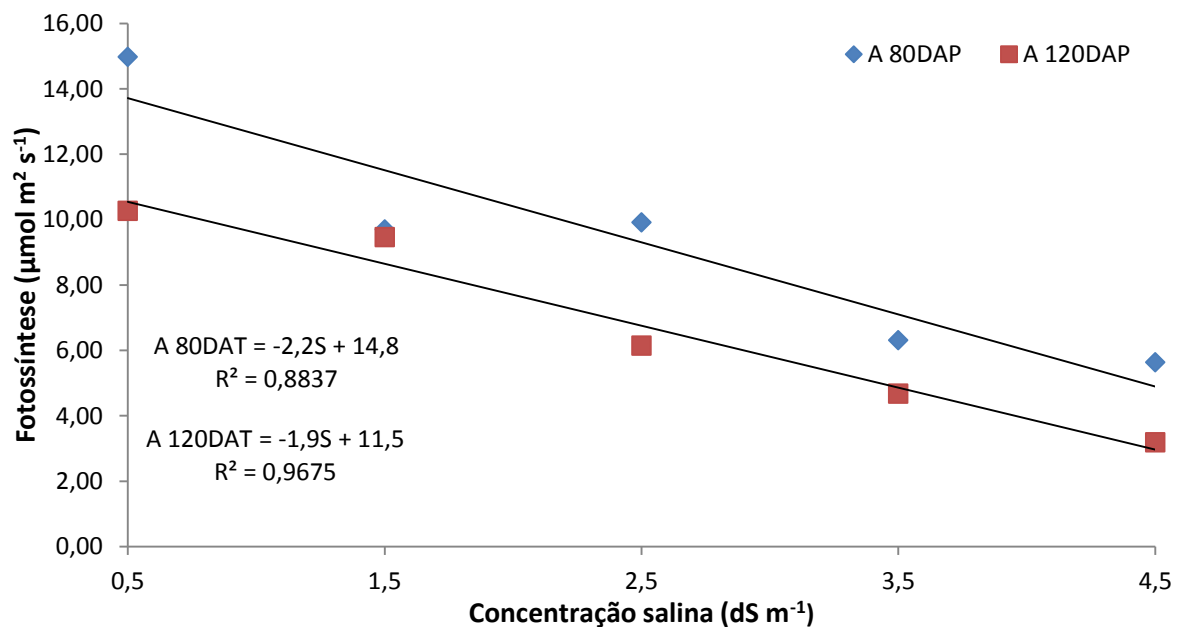
Aquino (2005) observou também reduções significativas na fotossíntese líquida em sorgo em função do aumento da salinidade da água de irrigação.

Este fechamento parcial dos estômatos pode ser em consequência da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (PEYRANO et al., 1997).

Porém, Oliveira (2011), analisando os efeitos da salinidade em relação à fotossíntese líquida em duas espécies de sorgo (*S. bicolor* e *S. sudanense*), constatou que os

parâmetros fotossintéticos não foram alterados pelo aumento da salinidade. Esses dados podem indicar que o efeito da salinidade pode diferir ao longo da idade da planta ou tempo de exposição ao estresse, pois num experimento de Oliveira (2011), plantas com 20 dias submetidas aos tratamentos salinos não tiveram seus parâmetros fotossintéticos alterados, enquanto que com 40 dias foi verificada uma diminuição na taxa fotossintética das mesmas. Esses dados foram corroborado também por Amorim et al., (2010), em plantas de cajueiro anão-precoce.

Figura 15 - Fotossíntese líquida (A) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), uso eficiente de água (A/E e A/g_s) e Índice Relativo de Clorofila (IRC), em plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 80 e 120 DAP, Redenção, Ceará, 2016

FV	GL	QUADRADO MÉDIO													
		A		gs		E		EmUA		EiUA		IRC		Ci	
		80	120	80	120	80	120	80	120	80	120	80	120	80	120
		DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAT	DAT
Sal. (A)	4	82,5**	55,6**	0,008**	0,0049**	4,2**	3,8**	0,9 ^(ns)	0,5 ^(ns)	363,2 ^(ns)	933,2 ^(ns)	27 ^(ns)	314,7**	1302 ^(ns)	2481,9 ^(ns)
Res. (A)	25	9,2	1,5	0,001	0,00036	0,5	0,1	0,5	0,3	510,5	652	22,2	12,6	1069,8	1140,4
Total	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	32,75	18,56	43,03	26,38	28,93	17,11	19,53	17,52	20,12	26,76	11,43	12,12	16,73	16,06

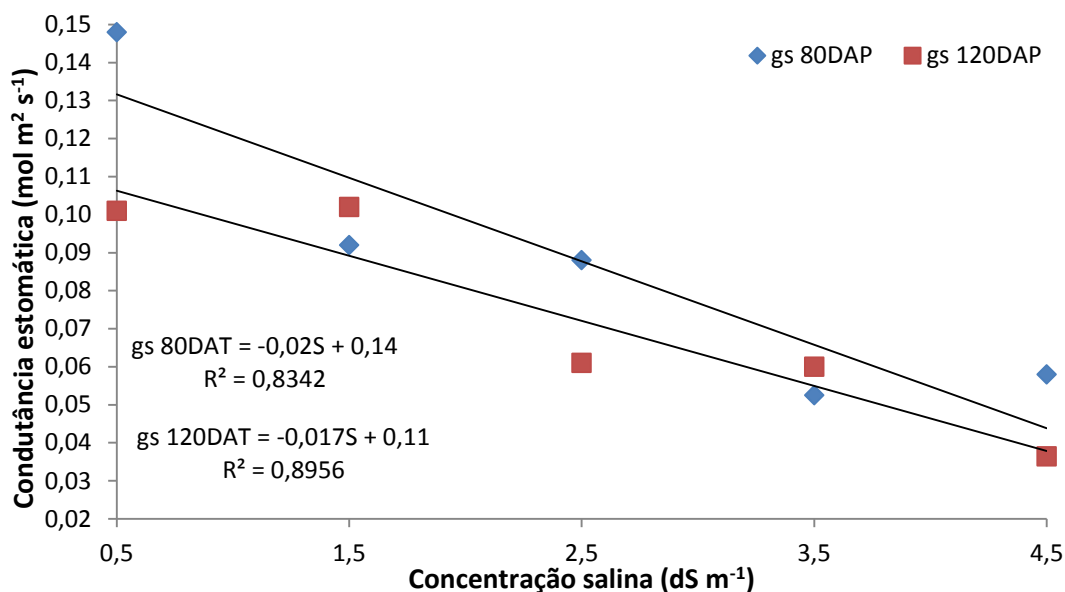
Fonte: Autor (2016).

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV- Coeficiente de variação.

A condutância estomática (gs) foi influenciada significativamente tanto aos 80 quanto aos 120 DAP. A gs apresentou redução nos resultados, durante os dois períodos, adequando-se a um modelo linear decrescente nos dois tempos (Figura 16). Essa redução foi de 0,02 e 0,017 mol m² s⁻¹, para cada aumento unitário da concentração salina (dS m⁻¹), respectivamente aos 80 e 120 DAP.

Figura 16 – Condutância estomática (gs) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

Comparativamente aos tratamentos dos níveis de salinidade, aos 80 DAP, a condutância estomática teve seus valores reduzidos na taxa de 60%; 66,7%; 40% e 40% nos tratamentos S5, S4, S3 e S2 respectivamente, quando comparados ao tratamento S1 (testemunha, 0,5 dS.m⁻¹). Aos 120 DAP, as reduções foram, respectivamente, 60%; 40%; 40% e 0%.

A redução na condutância estomática está associada ao efeito acumulativo dos sais no solo, que por sua vez, aumentam as forças de retenção de água no solo devido ao seu efeito osmótico (DIAS; BLANCO, 2010) requerendo maior dispêndio na absorção de água pelas raízes (TESTER; DAVENPORT, 2003), e como consequência, as plantas diminuem a abertura de seus estômatos para diminuir as perdas hídricas para a atmosfera.

Silva (2011) constatou também que a salinidade afetou a gs das plantas de *Vigna unguiculata* com redução de 14,97, 35,5 e 51,4% nos tratamentos 2,2; 3,6 e 5,0 dS.m⁻¹, respectivamente, quando comparados com o tratamento testemunha 0,5 dS.m⁻¹. Assis Junior

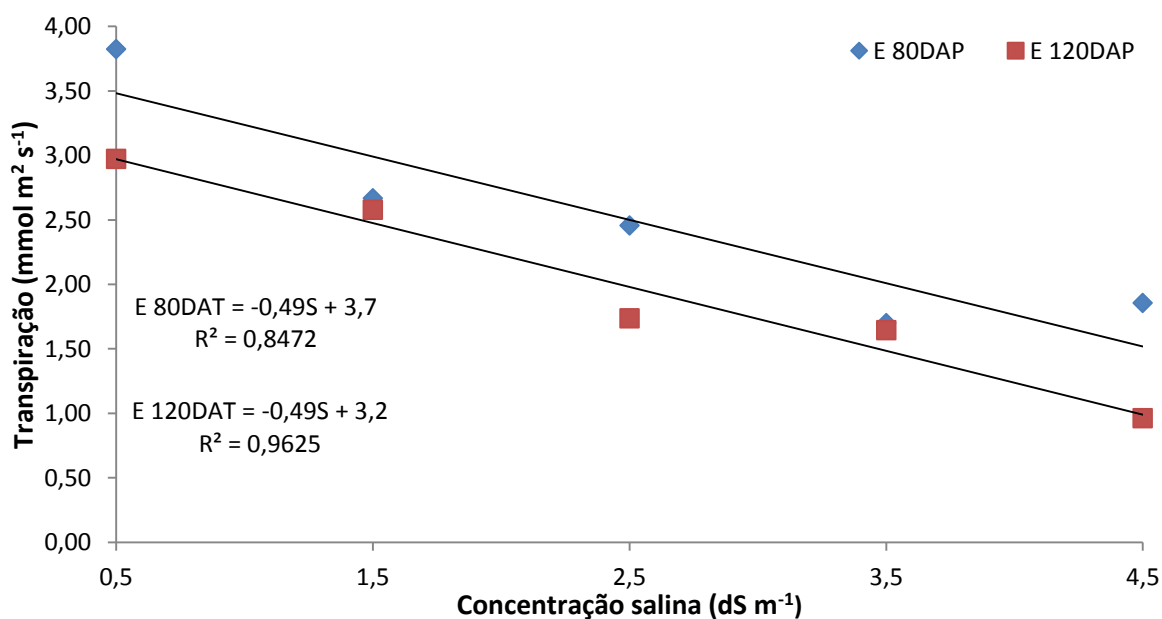
(2007) constatou que a g_s foi a variável analisada que apresentou maior redução quando as plantas de feijão de corda estavam submetidas a diferentes salinidades.

Em menores níveis de g_s , os estômatos encontram-se mais fechados, funcionando como uma barreira física à entrada do CO_2 nas células mesofílicas, refletindo em menores taxas de carboxilação. Todavia, sob condições de estresse, especialmente o hídrico e o salino, o fechamento estomático pode ser visto como uma resposta positiva da planta para atenuar a perda de água (TAIZ; ZEIGER, 2013), desde que o aparelho fotossintético seja ajustado a estas condições e não reflita em menor desenvolvimento.

A assimilação fotossintética encontra-se diretamente relacionada à condutância estomática (g_s), na qual, nesse experimento, as reduções desta foram acompanhadas pela redução na fotossíntese em função do aumento dos níveis salinos da água de irrigação.

Na Figura 17, notou-se que nos dois períodos de avaliação (80 e 120 DAP) os dados de transpiração (E) apresentaram um decréscimo em seus valores. As duas curvas se adequaram melhor a um modelo matemático linear decrescente e a redução foi de $0,49 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nos dois períodos analisados, para cada aumento unitário da concentração salina (dS m^{-1}).

Figura 17 – Transpiração (E) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

Em comparação aos tratamentos dos níveis de salinidade, aos 80 DAP, a transpiração teve seus valores reduzidos na taxa de 51,44%; 55,7%; 35,78% e 30,3% nos

tratamentos S5, S4, S3 e S2 respectivamente, quando comparados ao tratamento S1 (testemunha, 0,5 dS.m⁻¹). Aos 120 DAP, as reduções foram, respectivamente, 67,68%; 44,45%; 41,42% e 13,14%.

Koyro (2006) explica que as reduções na gs e E pode representar um mecanismo de adaptação para lidar com o excesso de sal, uma vez que o fechamento estomático associado a uma transpiração mínima tende a reduzir a concentração de sais na folha.

Vários trabalhos ressaltam que, sob estresse salino, as plantas mostram redução na taxa de transpiração e na condutância estomática (BACKHAUSEN et al., 2005; PLAUT; GRIEVE; MAAS, 1990; WILSON et al., 2006), e que tais fatores são possivelmente os responsáveis pela inibição da fotossíntese.

Os valores encontrados para eficiência momentânea no uso da água (EmUA) e eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) (Tabela 12) não foram significativos em nenhum dos dois períodos de leitura (Tabela 11). Machado Filho et al., (2006), na cultura do mamoeiro, obtiveram aumento nessas duas variáveis com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Tal aumento pode ser explicado pelo fato de que, embora a fotossíntese seja reduzida com o aumento da salinidade, o fechamento parcial dos estômatos eleva a EiUA, podendo ser relacionar também com a EmUA, pois o fechamento parcial dos estômatos em função do aumento da salinidade reduziu a transpiração foliar, acarretando em menores perdas de água e consequente aumento da EmUA (MACHADO FILHO et al., 2006).

Tabela 12 – Eficiência momentânea no uso da água (EmUA) e Eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

CEa (dS.m ⁻¹)	EmUA		EiUA	
	80DAP	120DAP	80DAP	120DAP
0,5	3,99	3,53	103,1	113
1,5	3,65	3,63	114,5	92,4
2,5	3,99	3,54	117,2	100,6
3,5	3,68	2,9	121,2	79,1
4,5	3,01	3,44	105,3	91,9

Fonte: Autor (2016).

O índice relativo de clorofila (IRC) foi inibido linearmente pelo fator salinidade somente na segunda leitura realizada (120DAP) (Tabela 11). O melhor ajuste matemático realizado pela análise de regressão foi para um modelo linear com decréscimo de 4,42 no valor do IRC para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação, sendo

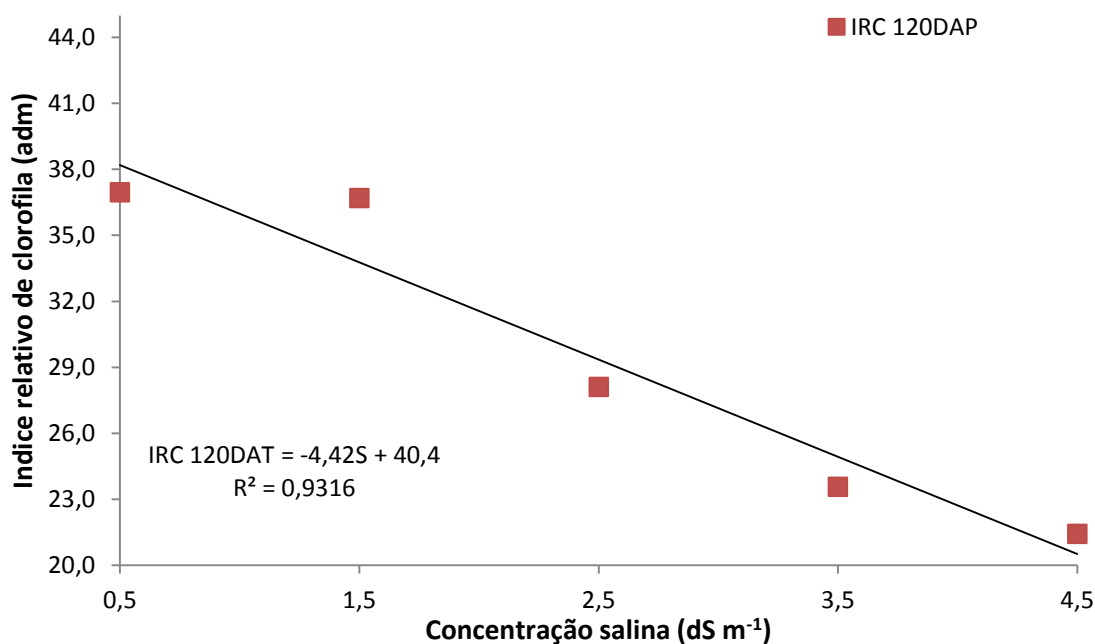
que o menor valor de IRC foi constatado quando as plantas foram submetidas a uma irrigação com condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹ aos 120 DAP (Figura 18).

Os declínios nos teores de clorofila, segundo Santos (2004) e Munns e Tester (2008), são resultados dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas promovidas pelo teor de sais, além do tolerado pelas culturas. Para esses autores, o excesso de sais estimula a atividade enzimática da clorofilase que degrada as moléculas do pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos, provocando também o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação.

Outra explicação para as reduções nos teores de clorofila, segundo Neves e Spat (2013), deve-se ao fato da existência de competição da molécula de sódio, em dissolução, com a de magnésio na formação da clorofila.

Tawfik (2008) constatou redução progressiva dos pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b, total e carotenoides) no feijão vigna quando submetidos a estresse salino de 50 e 75 mM de NaCl. Corroborando com Tawfik (2008), pesquisas com *Helianthus annuus* L. de Santos (2004); em arroz por Lima et al., (2004) e pimenta malagueta por Ribeiro et al., (2007).

Figura 18 – Índice relativo de clorofila (IRC) das plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, aos 120 DAT, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

4.4 Teores de nutrientes das folhas e caules

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados da análise de variância para os teores de Na^+ , K^+ , relação Na/K , Ca^{2+} e Cl^- no caule e folhas de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação.

Os resultados apresentados mostram que no caule a salinidade influenciou significativamente, em nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), o teor de Na^+ e a relação Na/K . Todavia, na folha, o único teor que não foi influenciado pela ação dos sais na água foi o Cl^- . Os teores de Na^+ , K^+ e a relação Na/K apresentam influência em nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) e o teor de Ca^{2+} a 5% ($p < 0,05$).

Os maiores teores do cátion sódio no caule foram encontrados nas plantas que foram expostas aos maiores teores de salinidade da água de irrigação (Figura 19). Os dados apresentaram um acréscimo quadrático conforme aumento dos níveis salinos, ajustando a curva ao modelo matemático de ordem polinomial quadrática obtendo um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,96. Todavia, os níveis do sódio na folha foram bem menores que em relação aos do caule, em torno de 67%, verificando assim um mecanismo de retenção desse íon nos caules das plantas de bambu (*Bambusa vulgaris*), evitando assim seu acúmulo nos tecidos foliares.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para os teores de Na^+ , K^+ , relação Na/K , Ca^{2+} e Cl^- no caule e folhas de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

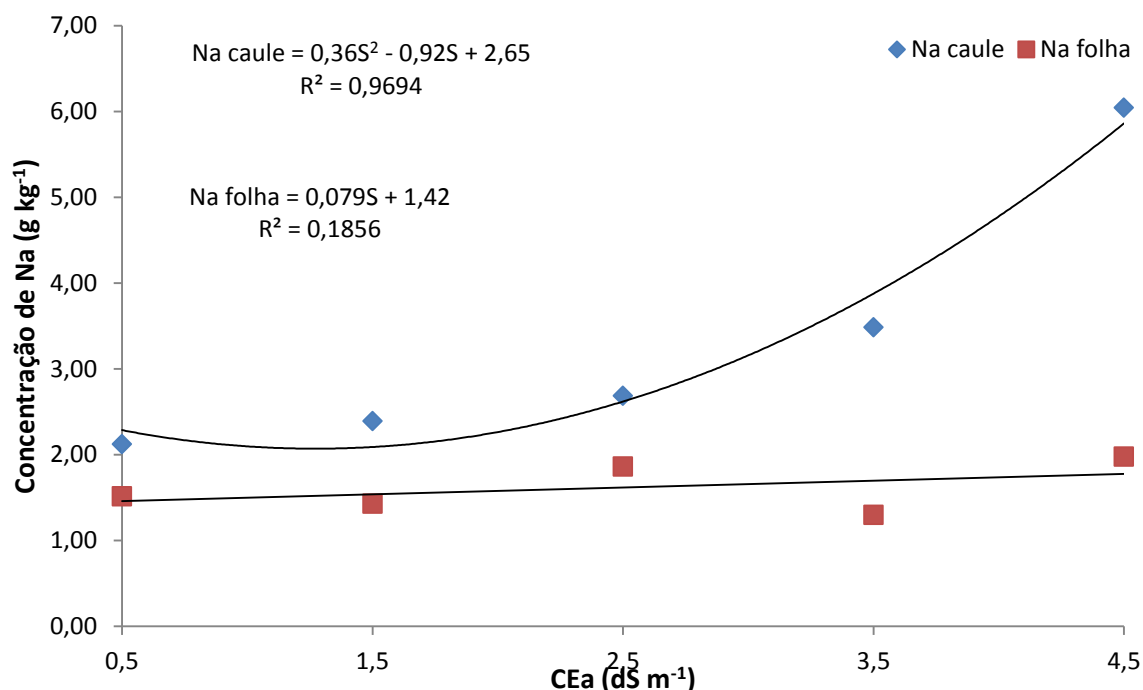
FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		CAULE				
		Na^+	K^+	Na/K	Ca^{2+}	Cl^-
Salin(A)	4	15,21**	33,52 ^(ns)	0,21**	0,28 ^(ns)	0,03 ^(ns)
Resíduo(A)	25	1,49	14,31	0,02	0,12	0,01
Total	29	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	36,54	25,84	59,56	13,05	30,18
FV	GL	FOLHA				
		Na^+	K^+	Na/K	Ca^{2+}	Cl^-
Salin(A)	4	0,5**	42,66**	0,011**	0,26*	0,007 ^(ns)
Resíduo(A)	25	0,08	6,71	0,001	0,08	0,01
Total	29	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	18,15	19,01	34,72	10,24	22,83

Fonte: Autor (2016).

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV- Coeficiente de variação.

Figura 19 – Teores de sódio no caule e nas folhas de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

Corroborando com esse trabalho, o mecanismo citado anteriormente já foi detectado por Trindade et al., (2006) estudando o efeito do íon sódio nas plantas de feijão-de-corda e sorgo, que verificou também um maior acúmulo do sódio nas hastes em relação às folhas.

Aumentos nos teores de sódio pela influência da salinidade da água de irrigação também foram observados por outros autores (FREITAS et al., 2011; PRAXEDES et al., 2010). Segundo Asharf e Ahmad (2000), o efeito tóxico causado pelo excesso de Na⁺ oriundo do meio externo pode ser reduzido pelos seguintes mecanismos: restrição da entrada de Na⁺ na célula através da absorção seletiva; exclusão ou compartimentalização no vacúolo do excesso de Na⁺ citosólico, bem como por um sistema eficiente de partição deste íon na planta (ASHARF; AHMAD, 2000).

A maioria das espécies que utiliza as rotas C₄ de fixação do carbono requerem íons sódio. Nestas plantas, o sódio parece ser indispensável para a regeneração do fosfoenolpiruvato, substrato da primeira carboxilação nas rotas C₄, além de estimular o crescimento por meio de uma maior expansão celular e também na substituição parcial do potássio como um soluto osmoticamente ativo (MARSCHNER, 1995).

Os teores do ânion cloreto, no caule e na folha, não sofreram influências significativas em relação à presença dos sais na água de irrigação.

Vários trabalhos tem constatado o acúmulo dos íons sódio e cloreto em plantas submetidas à salinidade (COSTA et al., 2003; JAMES et al., 2002; PRAXEDES et al., 2010), sendo os genótipos mais tolerantes ao estresse salino aqueles que apresentam um menor acúmulo de cloreto, principalmente na parte aérea (AMOR et al., 2000; JUAN et al., 2005; SANCHEZ et al., 2002).

Conforme Uexkull (1972) e Marschner (1995), o cloreto está diretamente relacionado na abertura e fechamento dos estômatos, regulação osmótica, tendo função também na fotossíntese.

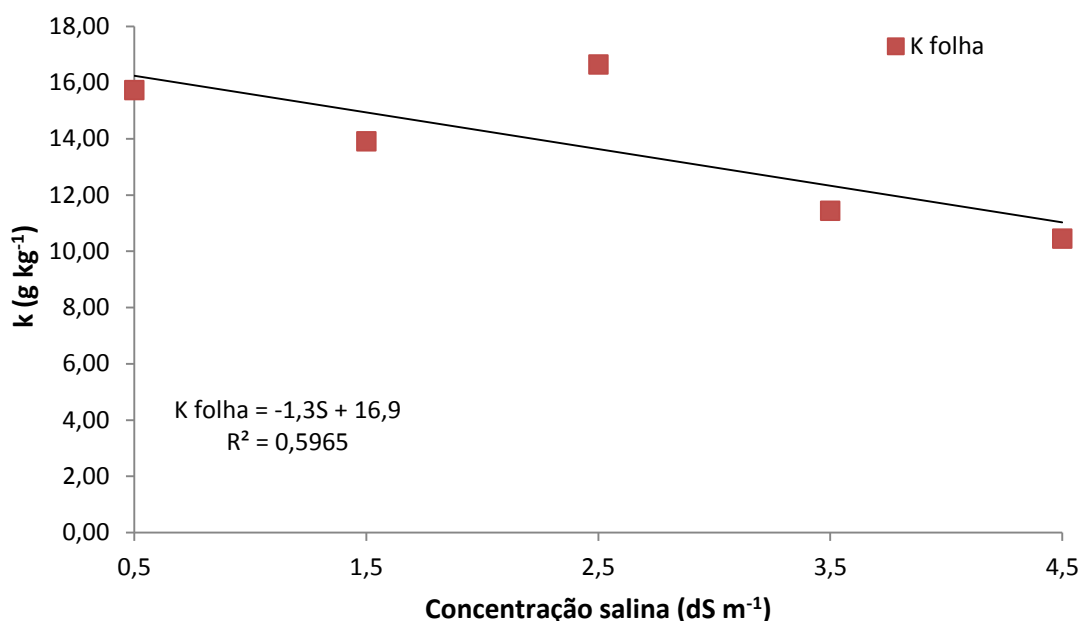
Em relação ao potássio, verificou-se (Tabela 13) que seu teor no caule não sofreu influência significativa dos níveis de salinidade da água de irrigação. Porém, nas folhas a salinidade influenciou em nível de 1% ($p < 0,01$) os teores de K^+ . Com o incremento da salinidade, verificou-se uma redução nos teores de potássio nas folhas. Os teores de potássio nas folhas se ajustaram a um modelo matemático linear decrescente na ordem de 1,3 (Figura 20).

A partir desses dados, verifica-se que a elevação do teor do íon sódio no solo inibiu a absorção de K^+ pelas plantas, quando o primeiro estava em uma concentração bastante elevada (nos caules). Esta relação antagônica de competição iônica foi verificada em muitas espécies (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; LACERDA et al., 2003).

De acordo com Tester e Davenport (2003), a redução nos teores de K^+ nas folhas devida às elevadas concentrações de Na^+ , deve-se à competição do Na^+ com o K^+ pelas proteínas de transporte que controlam a absorção do potássio. Com isso, provavelmente a redução nos teores de potássio seja causada pela diminuição na absorção (influxo) ou então pelo aumento no efluxo de K^+ em condições de salinidade provocada por NaCl. Na verdade, tem sido verificada a existência de vários sistemas de absorção com diferentes seletividades para o Na^+ e K^+ o que pode resultar na necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions (ASSIS JUNIOR et al., 2007; LACERDA et al., 2006; SCHACHTMAN; LIU, 1999).

Pesquisas tem mostrado que a salinidade diminui os teores de potássio na parte aérea de plantas de milho (ALBERICO; CRAMER, 1991; CRAMER et al., 1994; AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

Figura 20 – Teores de potássio nas folhas de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



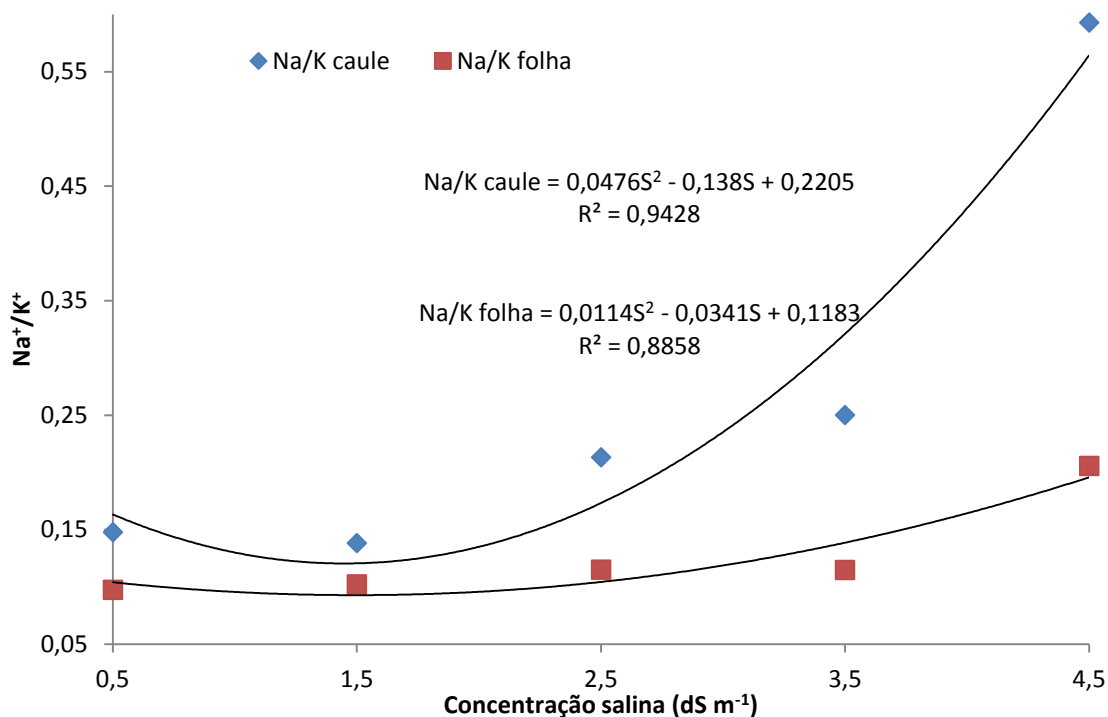
Fonte: Autor (2016).

A relação Na^+/K^+ foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da água de irrigação, tanto no caule como nas folhas.

A resistência à salinidade tem sido correlacionada com a manutenção de uma adequada nutrição potássica. Logo, a relação Na^+/K^+ tem sido considerada como um parâmetro ou critério de seleção de genótipos mais resistentes à salinidade (ALVES et al., 2008). As relações Na^+/K^+ iguais ou menores que 0,6, são necessárias para uma ótima eficiência metabólica em não-halófitas (GREENWAY; MUNNS, 1980).

Observando a relação Na^+/K^+ (Figura 21) observa-se que em seus valores, houve um incremento de ordem polinomial quadrática em relação ao aumento nos níveis de sais na água de irrigação. Isso mostra que houve uma maior absorção e translocação de sódio em relação ao potássio, porém, esse valor em nenhum momento foi superior a 0,6, demonstrando uma boa eficiência metabólica necessária para tolerarem os efeitos deletérios do estresse salino.

Figura 21 – Relação Na^+/K^+ no caule e nas folhas de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016



Fonte: Autor (2016).

4.5 Índices de tolerância à salinidade

Na Tabela 14 temos a percentagem de redução das variáveis altura final (H), taxa fotossintética (A), índice relativo de clorofila (IRC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em relação ao menor nível de salinidade aplicado ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), e os respectivos índices de tolerância à salinidade. Para a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), o bambu foi classificado como tolerante (T); moderadamente tolerante (MT); moderadamente sensível (MS) e sensível (S) respectivamente nos níveis 1,5; 2,5; 3,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao controle ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$). Os percentuais de redução e a respetiva classificação foi semelhante para as taxas médias de fotossíntese líquida. Para a altura da planta, no entanto, verifica-se que os valores de redução foram bem menores que para redução da produção de biomassa, indicando que a salinidade reduziu mais o perfilhamento do que a altura do caule principal. Nas condições desse experimento, em relação à altura (H) verifica-se que o bambu (*Bambusa vulgaris*) mostrou-se tolerante (T) à aplicação de sais na água de irrigação até o nível $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ e moderadamente tolerante (MT) no nível $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Em relação ao índice relativo de

clorofila (IRC) a cultura apresentou-se como tolerante (T) no nível 1,5; moderadamente tolerante (MT) nos níveis 2,5 e 3,5 e moderadamente susceptível (MS) no nível 4,5 dS m⁻¹.

Tabela 14 – Percentagem de redução da altura (H), taxa fotossintética (A), índice relativo de clorofila (IRC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Bambusa vulgaris* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação, Redenção, Ceará, 2016

Variáveis	Percentagem de redução (%)			
	1,5 dS m ⁻¹	2,5 dS m ⁻¹	3,5 dS m ⁻¹	4,5 dS m ⁻¹
MSPA	9,35 ^T	27 ^{MT}	50,47 ^{MS}	73 ^S
H	0	1,69 ^T	12,94 ^T	36,56 ^{MT}
A	18 ^T	36 ^{MT}	54 ^{MS}	72 ^S
IRC	11,57 ^T	23,14 ^{MT}	34,72 ^{MT}	46,29 ^{MS}

Fonte: Autor (2016).

T, MT, MS e S – tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente susceptível e susceptível, respectivamente, H – altura da planta, A – taxa fotossintética e IRC – índice relativo de clorofila.

5 CONCLUSÃO

- A condutividade elétrica do extrato de solo saturado (CEes) obteve um crescimento linear conforme aumento nos níveis de sais na água de irrigação.
- O incremento na salinidade da água de irrigação reduziu a altura, diâmetro do caule, número de folhas e a produção de biomassa de plantas de bambu, sendo as reduções mais expressivas em salinidades superiores a $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.
- A taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e o índice relativo de clorofila (IRC) obtiveram um decréscimo linear conforme aumento da salinidade da água de irrigação e tempo de exposição aos sais.
- Os teores de Na^+ e K^+ foram inversamente proporcionais, tanto no caule como nas folhas, indicando a existência da competição iônica no processo de absorção.
- Os menores teores de Na^+ e menores relações Na/K nas folhas indicam que as plantas de bambu apresentam o mecanismo de retenção de íons nos caules, reduzindo o impacto nos tecidos fotossintetizantes.
- Para a maioria das variáveis empregadas verifica-se que o bambu se mostrou tolerante ou moderadamente tolerante para água com salinidade até $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo um indicativo que essas águas podem ser utilizadas na fase inicial de crescimento da cultura.
- A altura das plantas não se mostrou uma variável eficiente para detectar o grau de tolerância do bambu à salinidade, possivelmente por que a intensificação do estresse salino afeta mais a produção de perfilhos do que a altura do ramo principal.

REFERÊNCIAS

- ALBERICO, G. J.; CRAMER, G. R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal Plant Nutrition**. 1991. 16: p. 2289-2303.
- ALBERTINI, J. L. A. Cultura de bambu. **Informe de pesquisa**, Londrina, v. 3. n. 22. 1979. p. 1-7.
- ALVAREZ-PIZARRO, J. C. et al. NH_4^+ -stimulated low- K^+ uptake is associated with the induction of H^+ extrusion by the plasma membrane H^+ -ATPase in sorghum roots under K^+ deficiency. **Journal of Plant Physiology**, v. 168. 2011. p. 1617-1626.
- ALVEZ, F. A. L. et al. Efeitos do KCl e CaCl_2 na absorção e transporte de Na^+ em cajueiro exposto ao NaCl. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39. 2008. p. 287-294.
- AMADA, S. et al. The Mechanical Structures of Bamboos in Viewpoint of Functionally Gradient and Composite Materials. In: **Journal of Composite Materials**, Japan. v. 30. n. 7. 1996. p. 801-819.
- AMOR, F. M. D. et al. Gas Exchange, water relations and ion concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23. 2000. p. 1315-1325.
- AMORIM, A. V. et al. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41. n. 1. 2010. p. 113-121.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, Edição do Autor. 2002, 272 p.
- AQUINO, A. J. S de. et al. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na^+ , K^+ e Cl^- em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31. 2005. p. 961-971.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Manejo Agroflorestal da caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T. S. et al. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 47-57.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiol.**, v. 24. 1949. p.1-15.
- ASHRAF, M.; AHAMAD, S. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fibre characteristics ion accumulation, yields components and fibre characteristics *Hirsutum* L. **Field crops Research**, v. 66. 2000. p. 115-127.
- ASSIS JUNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo me função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27. n. 3. 2007. p. 702-713.

AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

AZEVEDO, C. P. M. F. **Enraizamento de estacas de cana-brejo**. *Bragantia*, Campinas, v. 68. n. 4. 2009. p. 909-912. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/brag/v68n4/v68n4a10.pdf>>. ACESSO em: 13 set. 2016.

AZEVEDO NETO, A. D. et al. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56. 2006. p. 87-94.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I – Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 04. 2000. p. 159-164.

BACKHAUSEN, J. E. et al. Salt tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L. var. Désirée) plants depends on light intensity and air humidity. **Plant Science**, v. 169. 2005. p. 229-237.

BAMBUZERIA Cruzeiro do Sul. Disponível em <http://www.bamcrus.com.br>. ACESSO em 20 fev. 2015.

BARBOSA, J.C.; INO, A. Utilização do bambu na produção de habitação de interesse social – Compilação de exemplos construtivos. VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Florianópolis, SC, 1988. **Anais...** vol 4. 1988. p. 307-318.

BARRETO, L. P. **Estudo nutricional e bioquímico do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob estresse salino**. 1997. 179 f. Tese (Doutorado em bioquímica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1997.

BATISTA, M. J. et al. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001. 203 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2011. 625 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. V.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.

BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady State. **American Journal of Botany**. v. 48. 1961. p. 909-918.

BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão Caupi, e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34. n. 1. 2005. p. 43-50.

BRAY, E. A. et al. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Maryland, USA: American Society of Plant Physiology, 2000. p. 1158-1249.

BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-

sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-alophytes. **Plant Physiology**, v. 95. n. 2. 1991. p. 628-635.

CABANERO, F. J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v. 166. 2004. p. 443-450.

CAVALCANTE, L. F. et al. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32. n. 01. 2010 p. 251-261.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: CCA-UFPB, 2000, 72 p.

COSTA, P. H. A. et al. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26. 2003. p. 289-297.

COSTA, R. de S. M. da. **O bambu: potencialidades técnicas e sociais e a política de incentivo ao manejo sustentado**. 2014. 142f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Fluminense, Niterói, 2014.

CRAMER, G. R.; ALBERICO, G. J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21. 1994. 675-692.

CULZONI, R.A.M. **Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. 1986. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

DE VILLIERS, M. **Água**. 2002. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. ACESSO em 10 mar. 2016.

DIAS, Genebaldo. **Educação Ambiental: Princípios e práticas**. 9º ed. São Paulo: Gaia. 2006, 551 p.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C. F. (Eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. Parte III, 2010. p. 129-141.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. **Efeito da salinidade nas plantas**. Oecol. Bras. ed. 12 (4). 2008. p. 662-679.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...**Uberlândia, 2007. 1 CD-ROM.

FILHO, J. O. B. M. T.; SALGADO, A.L.B. **Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu**. IPEF, n. 36. 1987. p. 13-17.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils**. 2000. Disponível em: www.fao.org/home/en/. ACESSO em 10 mar. 2016.

FREITAS, V. S. et al. Changes in physiological and biochemical indicators associated with salt tolerance in cotton, sorghum and cowpea. **African Journal of Biochemistry Research**, v. 5. 2011. p. 264-271.

FRIKE, W.; PETERS, W. S. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. **Plant Physiology**, v. 129. 2002. p. 374-388.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76. 1984. p. 371-374.

GARCIA, G. O. et al. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, Chile, v. 25. 2007. p. 93-106.

GARCIA, M.; MEDINA, E. Crecimiento y morfología radical em dos genótipos de canã de açúcar (*Saccharum* spp.) sometidos a salinización con sales simples o suplementadas con cálcio. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 27. n. 01. 2010. p. 17-38.

GARCÍA-SANCHEZ, F. et al. Salinity tolerance of ‘Valencia’ orange trees on rootstocks with contrasting salt tolerance is not improved by moderate shade. **Journal of Experimental Botany**, v. 57. 2006. p. 3697-3706.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.V. Application of bamboo as a construction material. Part I-Mechanical properities & water- repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: **Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing**, 1981, São Paulo. Proceedings...São Paulo: IPT/CIB. v. 1. 1981. p. 49-66.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. **Propriedades mecânicas dos colmos dos bambus das espécies: mosó e Guadua Angustifolia para utilização na Engenharia**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, 2002.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C.S. Engineering materials and components with plants. In: **CIB-Symposium, Construction & Environment**, 2000, São Paulo. Proceedings...São Paulo: Global Seven Editor, 2000. CD ROM.

GHAVAMI, K.; FILHO, R. D. T. Desenvolvimento de Materiais de Construção de Baixo Consumo de Energia usando Fibras Naturais, Terra e Bambu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, Publicação Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**. Vol. 2 (1), p. 1-19, 1992.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S. ; ASSIS, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 329-346.

- GOMES, K. R. et al. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15. 2011. p. 365-370.
- GONDIM, F. A. et al. Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in maize. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 56. 2012 p. 62-71.
- GRAÇA, V. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. São Paulo: Editora Ícone. 1988. 123 p.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31. n. 1. 1980. p. 149-190.
- GUIMARÃES, F. V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄**. 2005. 176 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Vegetal). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- HOBBS, R.J. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. **Biological Conservation**. ed. 64 (3). 1993. p. 193-201.
- HOLANDA, J. S. et al. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. 2010. p. 43-59.
- HUSSAIN, A. et al. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. **Internacional Journal of Agriculture & Biology**. 2004. p. 1074-1079.
- JAMES, R. A. et al. Factors affecting CO₂ assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. **Functional Plant Biology**, v. 29. 2002. p. 1393-1403.
- JANSSEN, Jules, J.A. **Building with Bamboo**. London, Intermediate technology publications, 1995. 68 p.
- JUAN, M.; RIVERO, R. M.; RUIZ, L. R. J. M. Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, Brasil, v. 54. 2005. p. 193-201.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17. 1974. p. 678-684.
- KÖPPEN, W. **Die Klimate der Erde - Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter Verlag. 1923.
- KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). **Environmental and Experimental Botany**, Brasil, v. 56. 2006. p. 136-146.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade do desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos**. 1995, 87 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: K.K. Tanji. **Agricultural salinity assessment and management**. ASAE. **Manual and reports on engineering practice**, n. 71. 1990. p. 113-137.

LENHARD, N. R et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás. v. 43. n.2. 2013. p. 178-186.

LIESE, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia, 1980. Ottwa. Proceeding.Ottwa: IDRC, 1980.p. 165-172.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Techical Report, International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, Eindhoven, New Delhi, 1998. 208 p.

LIMA, M. G. S. et al. **Efeito do estresse salino sob a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz**. Bragantia, Campinas, v. 63. 2004. p. 335-340.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K. K. (Ed). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: Americam Society of Civil Engineers,.1990. p. 262-304.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CRISTIE, B. R. **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 57-75.

MACHADO FILHO, J. A. et al. **Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em condições de campo**. Bragantia, v. 65. n. 2. 2006. p. 185-196.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo**. Piracicaba, SP, 1989. 201 p.

MARCAL, J. A. **Crescimento inicial do pinhão – manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com matéria orgânica**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Área de Concentração: Solo e Nutrição Mineral das Plantas, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v. 38. n. 7. 2009. p. 1183-1190.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, L. B. **Salinidade de solo e água e seus efeitos na produção agrícola.** In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S; MEDEIROS, S. S. GALVÃO, PB: INSA, Cruz das Almas – BA: UFRB. 2012. p. 201-204.

MENDES, B. S. S. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em *Ananas porteanus* Hort Veitch ex C. Koch.** 2009. 50 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Fisiologia Vegetal e Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

MENEZES, R. S. C; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T. S. et al. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.** Fortaleza: UFC, 2000. p. 20-46.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v. 36, n.11, 1984.

MOREIRA, L. E.; GHAVAMI, K. Dimensionamento de Estruturas de Bambu. Simpósio : **“Materiais não Convencionais para Construção Rural”**. Campina Grande, Paraíba; UFPB, 1997. p 237-291.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell, and Environment**, v. 25. 2002. p. 239-250.

MUNNS, R., JAMES, R.A., LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany** ed 57. 2006. p. 1025-1043.

MUNNS, R., TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. **Rev. Plant Biol.** 59. 2008. p. 651-681

MUNNS, R.; GREENWAY, H.; KIRST, G. O. Halotolerant eukaryotes. In: LANGE, O. L. et al. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology.** New York: Springer-Verlag, 1980. p. 59-135.

M’RAH, S. et al. Effects of NaCl on the growth, ion accumulation and photosynthetic parameters of *Thellungiella halophila*. **Journal of Plant Physiology**, v. 163. 2006. p.1022-1031.

NAVARRO, J. M. et al. Walter relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salt stress regimes. **Plants Growth Regulators**, v. 41. 2003. p. 237-245.

NAVARRO, A. et al. Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of *Arbutus unedo* plants. **Plant Science**, v. 172. 2007. p. 473-480.

- NEUMANN, P. Salinity resistance and plant growth revisited. **Plant, Cell and Environment**. 20. 1997. p. 1193-1198.
- NEVES, L. A. S. das.; SPAT, C. Concentração de clorofila e de prolina em genótipos de arroz submetidos à salinidade. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claro, v. 15. n. 1. ISSN 2236-5257. 2013.
- NIU, X. et al. Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plants physiology**. v. 109. 1998. p. 735-742.
- OHRNERGER, D. The Bamboos of the World: Annotated nomenclature and literature of the species and the higher and lower taxa, Elsevier. 1999, 586 p.
- OLIVEIRA, F. A. et al. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 04. n. 02. 2009. p. 149-155.
- OLIVEIRA, F. M. de. et al. Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 5. n. 1. 2011 p. 56.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Saafey**, v. 60. n. 03. 2005. p. 324-349.
- PARRE, E., GEITMANN, A. More than a leak sealant. The mechanical properties of callose in the pollen tubes. *Plant Physiol* 137. 2005. p. 274-286.
- PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP, Editora Canal 6, 2007. 240 p.
- PEREIRA, Marco Antônio dos Reis. **Bambu: características e aplicações**. UNESP, 2001, 58 p.
- PEYRANO, G. et al. Salinity effects on hydraulic conductance, lignin content and peroxidase activity in tomato roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 35. 1997. p. 387-393.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Espanha Agrícola español, 1978. 521 p.
- PIZARRO, J. C. A. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância a salinidade em clones de cajueiro anão precoce**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- PLAUT, Z.; GRIEVE, C. M.; MAAS, E. V. Salinity effects on CO₂ assimilation and diffuse conductance of cowpea leaves. **Physiologia Plantarum**, v. 79. 1990. p. 31-38.
- PLAUT, Z. Photosyntese in plant/crops under water and salt stress. *In*: PESSARAKLI, Mohammad (Ed.), **Handbook of plant and crop physiology**. Arizona: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 587-603.

PRAXEDES, S. C. et al. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196. 2010. p. 193-204.

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

RAVEN, J. A. Action spectra for photosynthesis and light stimulated ion transport processes in *Hydrodictyon africanum*. **New Phytologist**, 68(1). 1969. p. 45-62.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R. de.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.

RIBAS, R. P. Bambu: planta de grande potencial no desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://meioambienteconstrucao.com.br/downloads/pesquisasacademicas/materiais-ecologicos-sustentaveis/bambu-desenvolvimento-sustentavel.pdf>. ACESSO em 20 fev. 2015.

RIBEIRO, J. S. et al. Solutos compatíveis em folhas de pimenta malagueta submetidas à salinidade. *In*: WORKSHOP: MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA, 1., 2007, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2007.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160 p.

ROACHE, M.C., BAILEY, P.C., BOON, P.I. Effects of salinity on the decay of the freshwater macrophyte, *Triglochin procerum*. **Aquatic Botany**. 84 (1). 2006. p. 45-52.

ROBINSON, M. F. et al. How can stomata contribute to salt tolerance? **Annals of Botany**, v. 80. n. 4. 1997. p. 387-393.

SANCHEZ, F. G. et al. Salinity reduces growth, gas exchange, chlorophyll and nutrient concentrations in diploid sour orange and related allotetraploid somatic hybrids. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 77. 2002. p. 379-386.

SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. **Trends Plant Science** . v. 4. n. 7. 1999. p. 281-287.

SILVA, Fabio Cesar. Da (Editor Técnico). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. Ampl. Brasília: Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.

SILVA, F. L. B. **Respostas de plantas de feijão-de-corda à aplicação foliar de biofertilizante sob condições de salinidade**. 2011. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, I. C. **Propagação vegetativa; aspectos morfo-fisiológicos**. Boletim técnico. Belém, CEPLAC/DEPEA, 1985.

- SILVA, J. C. B. V.; LIMA, N. de; OLIVEIRA, V. M. de. Estufa ecológica uso do Bambu em Bioconstruções, **Centro Paranaense de Referência em Agroecologia – CPRA**, Curitiba. 2011. 32 p.
- SILVA JUNIOR, G. S. et al. Comportamento estomático em genótipos diploides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista CIENTEC**, Recife, v. 4. n. 2. 2012. p. 33-43.
- SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3. n. 1. 1999. p. 11-17.
- SILVA, J. V. et al. Crescimento e osmoregulação em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, n. 33. 2003. p. 125-131.
- SILVEIRA, J. A. G. et al. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66. 2009, p. 1-8.
- SOUZA, M. C. M. R. **Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico**. 2014. 161f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Área de Concentração: Irrigação e Drenagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- SOUZA, R. A. et al. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2. n. 1. 2007. p. 75-82.
- SPENCE, R.; COOK, D. Building materials in Developing Countries, Wiley and Sons LTD., Inglaterra, 1982.
- SUAREZ, D. L., LEBRON, I. Water quality criteria for irrigation with highly saline water. In: HETH., AL –MASSON, A. (eds.) Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Netherlands. **Kluwer Academia Publishers**. v. 2. 1993. p. 389-397.
- SUZUKI, M.S. et al. Sand bar opening in a coastal lagoon (Iquipari) in the northern region of Rio de Janeiro state: hydrological and hydrochemical changes. **Braz.J.Biol.** v. 62 (1), 2002. p. 51-62.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 945 p.
- TALEISNIK, E. GRUNBERG, K. Íon balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. **Physiology Plantarum**. v. 92. 1994. p. 528-534.
- TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4. 2008. p. 26-33.
- TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 19. 2003. p. 503-527.

THOMPSON, D.S. **How do cell walls regulate plant growth?** J Exp Bot 56. 2005. p. 2275-2285.

TOFANELLI, M. B. D. et al. Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de ameixeira com várias concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24. n. 2. 2002. p. 509-513.

TRINDADE, A. R. et al. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10. 2006. p. 804-810.

UEXKULL, H. R. von. Response of coconut to (potassium) chloride in the Philippines. **Oléagineux**, v. 27. n. 1. 1972. p. 13-19.

VAIDYANATHAN, H. et al. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) – differential response in salt tolerance and sensitive varieties. **Plant Science**, v. 165. 2003. p. 1411-1418.

VEERANAGALLAIAH, G. et al. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase activity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (*Setaria italic* L.) with differential salt sensitivity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60. 2007. p. 239-244.

WILLIAMS, W.D. Salinisation: A major threat to water resources in the arid and semi-arid regions of the world. 4. 1987. p. 85-91.

WILSON, C. et al. Growth response of major USA cowpea cultivars. II. Effect of salinity on leaf gas exchange. **Plant Science**, v. 170. 2006. p. 1095-1101.

ZANELLA, F. SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/ RO. **Ciência & Tecnologia**, v. 30. n. 5. 2006. p. 880-884.

ZIDAN, I.; AZAIZEH, H.; NEWMANN, P. M. Does salinity reduce growth in maize root epidermal cells by inhibiting their capacity for cell wall acidification? **Plant Physiology**, Lancaster, v. 93. n. 1. 1990. p. 7-11.