

RAQUELE MENDES DE LIRA DANTAS

**HIDROPONIA UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS CULTIVOS DE AGRIÃO E
COUVE CHINESA**

**Recife
2012**

Raquele Mendes de Lira Dantas

Engenheira Agrícola e Ambiental

**HIDROPONIA UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS CULTIVOS DE AGRIÃO E
COUVE CHINESA**

Orientador:

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

Co-orientador:

Dr. Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Engenharia de água e solo.

**Recife
2012**

Ficha Catalográfica

D192h Dantas, Raquele Mendes de Lira
Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e
couve chinesa / Raquele Mendes de Lira Dantas. -- Recife, 2012.
85 f. : il.

Orientador (a): Ênio Farias de França e Silva.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Tecnologia Rural, Recife, 2012.
Referências.

1. *Naturtium officinale* R 2. *Brassica pekinensis* L 3. qualidade
de água 4. Salinidade 5. hidroponia I. Silva, Ênio Farias
de França e, Orientador II. Título

CDD 630

RAQUELE MENDES DE LIRA DANTAS

**HIDROPONIA UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS CULTIVOS DE AGRIÃO E
COUVE CHINESA**

Dissertação defendida e aprovada em 31 de julho de 2012 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr

DTR-UFRPE

Examinadores:

Elvira Maria Regis Pedrosa, Prof. Dr

DTR-UFRPE

Lilia Willadino, Prof. Dr

DTR-UFRPE

Tales Miler Soares, Dr

CCAAB -UFRB

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais (Heronides e Maria José) por toda dedicação, educação, esforço e incentivo durante toda minha vida.

Ao meu esposo (Carlos Antonio) pela compreensão de minhas ausências durante a execução deste trabalho.

Aos meus irmãos Heronilton e Rosane por todo carinho e afeto.

*“Podemos escolher o que semear, mas somos obrigados a
colher aquilo que plantamos”*

(Proverbio Chinês)

AGRADECIMENTOS

Antes de agradecer a qualquer pessoa ou qualquer coisa, agradeço a **Deus** o único pai que merece toda honra e glória, pois se não fosse de sua vontade não conseguiria vencer mais esta etapa em minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Tecnologia Rural;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, representada na pessoa do Professor Mário Rolim, pela oportunidade de ingresso no Mestrado;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto;

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal/CNPQ) por recursos financeiros do projeto;

Em especial ao Professor Dr. Ênio Farias de França e Silva, pelo privilégio de tê-lo como orientador desde a época de minha graduação, agradeço por toda orientação e amizade construída;

Ao Dr. Pedro Robinson Fernandes de Medeiros, por toda orientação, apoio, amizade e disposição constante em ajudar durante a execução deste trabalho;

Ao meu grande irmãozinho de trabalho Alexandre Nascimento dos Santos, por toda sua paciência, dúvida tirada, amizade construída e incentivo;

Aos estagiários Carlos Donato, Marcus, Mariana, Maxmiliano e Vilma Valéria, por toda ajuda durante a pesquisa;

A minha família que sempre me apoiou em todos os momentos: Mainha, painho, Niltinho, Rose, Carlos, Sr. Zacarias, Humberto, Letícia e Tavinho;

Aos meus amigos de curso, por todos os momentos vividos com alegria e dificuldades, em especial à Janice, Mara, Keyty, Daniel, Tati Paty, Diogo, Rafael, Jéssyca, Tino, Max, Nadi, Aluísio, Ricardo e Adriana Guedes;

Aos amigos do laboratório de hidrologia Rafaelle, Robertson, Yuri e Cleene;

Aos professores, funcionários e colegas de pós-graduação pela convivência e amizade;

E a todos que ajudaram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse concretizado.

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. A importância da água e a escassez	14
2.2. Utilização de águas subterrâneas	15
2.3. Qualidade da água subterrânea	17
2.4. Efeito da salinidade sobre as plantas	19
2.5. Cultivo hidropônico com águas salobras.....	21
2.6. A cultura do agrião	24
2.7. A cultura da couve chinesa	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização e Estrutura experimental	27
3.2. Condução dos Experimentos	30
3.2.1. Produção de mudas	30
3.2.2. Tratamentos	32
3.2.2.1. Experimento I	32
3.2.2.2. Experimento II	33
3.2.2.3 Experimento III	33
3.2.3. Preparo da solução nutritiva	34
3.3 Monitoramento Climático no ambiente protegido	35
3.4. Variáveis analisadas	36
3.4.1 Monitoramento da solução nutritiva	36
3.4.2 Análise de crescimento e rendimento das culturas	36
3.4.3. Determinação do consumo hídrico	37
3.5. Análise química do tecido vegetal	37
3.5. Análise estatística	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.2. Experimento I - Utilização de água salobra produzida com NaCl, para preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada	39
4.2.1. Monitoramento da solução nutritiva	39
4.2.2. Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e Couve Chinesa	41

4.2.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve Chinesa	47
4.2.4. Avaliação nutricional das culturas do Agrião e Couve Chinesa	48
4.3. Experimento II - Utilização de água salobra produzida através da simulação de diferentes poços para preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada	51
4.3.1. Monitoramento da solução nutritiva	51
4.3.2. Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e Couve Chinesa	53
4.3.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve chinesa	58
4.3.4. Avaliação nutricional das culturas do Agrião e Couve Chinesa	59
4.4. Experimento III - Utilização de água salobra produzida através da simulação de diferentes poços para o preparo e reposição com água doce na cultura do Agrião e Couve chinesa	64
4.4.1. Monitoramento da solução nutritiva	64
4.4.2 Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e Couve Chinesa	65
4.4.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve Chinesa	73
5. CONCLUSÕES	75
6. REFERÊNCIAS	76

RESUMO

HIDROPONIA UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS CULTIVOS DE AGRIÃO E COUVE CHINESA

As reservas hídricas subterrâneas na Região Semiárida apresentam-se em grande parte com altas concentrações de sais. No entanto, a escassez deste recurso obriga a utilização deste tipo de água para diversas atividades humanas, inclusive a agricultura, tornando necessário o estudo de técnicas que viabilizem o uso dessas águas. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o emprego de águas subterrâneas salobras no crescimento, rendimento e aspectos nutricionais das oleícolas agrião e couve chinesa, em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) em ambiente protegido. Foram utilizadas três situações estratégicas de uso de águas salobras: Experimento I - águas salinizada a partir da adição de NaCl em seis níveis de salinidade (0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m⁻¹), sendo estas águas utilizadas no preparo da solução nutritiva e na reposição do volume evapotranspirado; Experimento II - simulação de águas salobras proveniente de cinco poços subterrâneos (T2- Poço localizado na comunidade de poço do Boi (PB); T3 - Poço da pousada (PP); T4 - Poço localizado na Agrovila 8 (PAV8); T5 - Poço localizado na Fazenda Bruaquinha (PFB) e T6 - Poço localizado na comunidade Sítio Angico (PSA), estas águas foram utilizadas para o preparo da solução nutritiva e reposição da evapotranspiração (ETc); Experimento III - As águas utilizadas possuíam as mesmas características do experimento II, porém, a reposição da ETc foi realizada com água de abastecimento em todos os tratamentos. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) da UFRPE, Recife/PE, em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais para cada cultura. Para ambas as culturas houve uma redução linear nas variáveis: área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), taxa de crescimento absoluto da massa fresca (TCAMF), taxa de crescimento absoluto da massa seca (TCAMS) e taxa de crescimento relativo da massa seca (TCRMS), com o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada. Para a massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) houve uma redução de 10,45 e 9,67%, para a cultura do agrião, respectivamente e de 15,3 e 13,95% para a cultura da couve chinesa, respectivamente, em função do aumento da salinidade da água. Para a variável consumo hídrico houve uma diminuição quantitativa com o aumento dos níveis de salinidade e com o detrimento da qualidade da água de poço utilizada; em relação ao aspecto nutricional houve um aumento na concentração dos íons sódio e cloreto no tecido vegetal com o aumento da condutividade elétrica da água salinizada com NaCl; e para a condição de uso de água salobra de poço subterrâneo, constatou-se elevado teor foliar dos íons de maior concentração na água.

Palavras-Chave: *Naturtium officinale* R; *Brassica pekinensis* L; qualidade de água; salinidade; hidroponia

ABSTRACT

HYDROPONICS USING BRACKISH WATER TO CULTIVATE WATERCRESS AND CHINESE CABBAGE

The majority of the groundwater reservoirs in the Semiarido Region present high salt concentrations. However, the scarcity of this resource compels the use of this water to several human activities, including agriculture, which makes it necessary to study techniques which enable the use of these waters. Therefore it was aimed to evaluate the use of brackish groundwater on the growth, yield and nutritional aspects of two oleraceous, watercress and chinese cabbage, through a NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system in a greenhouse. Three strategic situations were used: Experiment I – salinated water from NaCl addition in six levels of salinity (0.2; 1.2; 2.2; 3.2; 4.2 and 5.2 dS m⁻¹), being these waters used to prepare the nutrient solution and to replace the evapotranspirated water volume; Experiment II – simulation of brackish water from five underground wells (T2 – Well located in the community Poço do Boi (PB); T3 – Poço da Pousada (PP); T4 – Well located in Agrovila 8 (PAV8); T5 – Well located in Fazenda Bruaquinha (PFB) and T6 – Well located in the community Sitio Angico (PSA), these waters were used to prepare the nutrient solution and evapotranspiration (ETc) replacement; Experiment III – The waters used contained the same characteristics from experiment II, but the ETc replacement was made using water supply in all treatments. The experiments were carried out at the Experimental Station of Irrigated Agriculture Prof. Ronaldo Freire de Moura from the Department of Rural Technology (DTR) at UFRPE, Recife/PE, using completely randomized experimental design with six treatments and four repetitions, making a total of 24 experimental parcels to each crop. Both of the crops showed a linear reduction on the variables: leaf area (AF), fresh mass of aerial part (MFPA), dry mass of aerial part (MSPA), absolute growth rate of the fresh mass (TCAMF), absolute growth rate of the dry mass (TCAMS) and relative growth rate of the dry mass) (TCRMS), with the increase in water salinity used in the preparation of the nutrient solution and replacement of the evapotranspirated water film. There was a reduction of 10.45 and 9.67% of fresh mass of aerial part (MFPA) and dry mass of aerial part (MSPA), respectively, for watercress; whereas, for the Chinese cabbage, there was a reduction of 15.3 and 13.95%, according to the increase in water salinity. As for water consumption there was a quantitative reduction with the increase in salinity levels and with the decrease in the groundwater quality from the wells; regarding the nutritional aspects there was an increase in the concentrations of the sodium and chloride ions on the plant tissue with increasing electrical conductivity of the water salinized with NaCl; as for the condition of the water use, it was found on the leaves high content of the ions with greater concentrations in the water.

Keywords: *Naturtium officinale* R; *Brassica pekinensis* L; water quality; salinity; hydroponics

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro é uma região caracterizada por altas taxas de evapotranspiração, baixo índice pluviométrico anual, e clima de semiaridez em grande parte de sua área de abrangência. Diante deste cenário de escassez hídrica superficial e da heterogênea distribuição temporal de chuvas, o desenvolvimento das atividades antrópicas torna-se bastante comprometido, tendo como consequência sérios prejuízos econômicos e sociais. Desta forma, a fixação do homem na região é dificultada em função da redução na qualidade de vida, ocasionada principalmente pela diminuição na produção agrícola e na geração de recursos financeiros.

A água subterrânea em regiões semiáridas é uma alternativa de abastecimento em épocas de seca. Entretanto, na maioria das vezes, a água subterrânea encontra-se armazenadas em fraturas do embasamento cristalino e em aluviões. Nessas áreas, as águas de poços tubulares geralmente apresentam boa qualidade sanitária, porém, podem possuir em sua composição química elevadas concentrações de sais, em função do contato com o material de origem das rochas. Esta situação condiciona a qualidade da água subterrânea do Semiárido Nordestino, visto que, em cerca de 50% do seu território existe o contato destas reservas hídricas com o embasamento cristalino (CABRAL & SANTOS, 2007).

A utilização de águas com altas concentrações de sais pode oferecer riscos ao meio ambiente, causando a salinização dos solos e, tendo como consequência a desertificação, acarretando prejuízos à produção agrícola. De maneira geral, a salinidade dificulta o desenvolvimento das plantas, por reduzir o potencial osmótico da solução do solo alterando os inúmeros processos metabólicos que funcionam em conjunto para minimizar os danos causados pelo estresse.

Uma alternativa ao cultivo convencional em solo é a hidroponia, sistema de cultivo em que a planta é produzida sem a necessidade do solo, sendo uma solução aquosa nutritiva a fonte dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento. É esperado que na hidroponia a salinidade tolerada pelas culturas seja maior que no cultivo convencional, devido à maior e constante disponibilidade de água nos diversos tipos de sistemas hidropônicos, e à pouca ou inexistente contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, devendo isto representar uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas para uma mesma quantidade de sais. Em sistemas convencionais, baseados no solo, o efeito dos sais, traduzido na diminuição do potencial osmótico, é somado ao estresse hídrico representado pela

diminuição do potencial mátrico. Considerando-se tal hipótese, em sistemas hidropônicos, as culturas, principalmente de ciclo rápido, devem favorecer o uso sustentável de águas salobras proveniente de poços subterrâneos, devido a um menor tempo de exposição ao estresse salino tendo como consequência a minimização dos danos causados por este estresse.

A partir da teoria acima mencionada, outras hipóteses foram levantadas:

1 – Há redução na produção de agrião e couve chinesa com o aumento dos níveis de salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada;

2 – As diferenças existentes na salinidade e na composição química das águas subterrâneas de diferentes localidades do semiárido pernambucano e utilizadas no preparo da solução nutritiva e reposição da evapotranspiração alteram a absorção de nutrientes, e tem efeito sobre a produção do agrião e da couve chinesa;

3 – O consumo hídrico da cultura do agrião e da couve chinesa é afetado em função da composição química e do nível de salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e reposição do volume evapotranspirado.

Como alternativa produtiva para a utilização dessas águas, e possuindo características condizentes com a realidade das regiões do Semiárido, o sistema hidropônico em NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) se apresenta como uma técnica que possui entre suas vantagens a economia na utilização de água, melhor aproveitamento da área e elevadas produtividades. Neste sistema as plantas são alimentadas por uma lâmina de água e nutrientes, parte da raiz da planta fica submersa na solução e outra parte fica em contato com o ar úmido conseguindo oxigênio.

Trabalhos científicos com o objetivo de avaliar a técnica da hidroponia utilizando águas salobras estão iniciando no Brasil, sendo possível verificar resultados em trabalhos que visam observar os mecanismos de tolerância e as mudanças morfológicas e/ou fisiológicas decorrentes da salinidade. Os efeitos da salinidade sobre a produção comercial, que na prática é de maior interesse aos agricultores, é um tema pouco abordado, podendo apresentar efeitos diferentes para as diferentes culturas. Além disso, extrapolar os valores de tolerância aos sais, determinados nos cultivos em solo, para o hidropônico seria um equívoco, podendo representar sub-aproveitamento das potencialidades das águas e das espécies de interesse.

Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou utilizar águas subterrâneas salobras na produção de olerícolas (agrião e couve chinesa) cultivadas em sistema hidropônico tipo NFT avaliando a viabilidade técnica desta atividade e aspectos nutricionais, desenvolvendo

técnicas adaptadas a situação, visando a sustentabilidade socioambiental e geração de recursos financeiros para a Região Semiárida.

Os objetivos específicos foram:

1. Avaliar o desenvolvimento, o rendimento e o estado nutricional do agrião e da couve chinesa em sistema hidropônico NFT, utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva e na reposição do volume evapotranspirado, sendo estas águas produzidas pela adição de NaCl na água de abastecimento;

2. Avaliar o desenvolvimento, o rendimento e o estado nutricional do agrião e da couve chinesa em sistema hidropônico NFT, utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração provenientes da simulação de cinco diferentes poços tubulares;

3. Avaliar o desenvolvimento e rendimento do agrião e da couve chinesa em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva provenientes da simulação de cinco diferentes poços tubulares e com reposição da ETc realizada com água doce;

4. Avaliar o consumo hídrico das culturas de agrião e couve chinesa, em sistema hidropônico NFT, submetidas ao uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva, e água de melhor qualidade para a reposição do volume evapotranspirado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A importância da água e a escassez

Um recurso fundamental para a vida no planeta, a água mantém a biodiversidade e a produção de alimentos, a partir do seu ciclo natural. Todas as civilizações já dependem e vão depender, cada vez mais, deste bem para sua sobrevivência biológica e econômica (TUNDISI, 2009).

No ser humano, a água corresponde a cerca de 70% da massa corporal, e nos vegetais, Sutcliffe (1980) afirma que a quantidade existente deste líquido pode atingir até 95% do peso total das plantas. A água é um componente integrante das células, e participa de vários processos do metabolismo animal e vegetal (GUYTON, 1988; PAIVA, 2000).

Nas plantas, é o reagente que atua na fotossíntese, no transporte de nutrientes através do xilema e floema, participa como regulador térmico, e é importante na transpiração. É a água quem dá turgescência aos tecidos vegetais e permite que as partes tenras da planta se mantenham erguidas, atuando conseqüentemente no crescimento das culturas (SILVA & FREITAS, 1998). Kramer (1983) afirma que, os vegetais são verdadeiros depósitos vivos de água corrente que entra pelas raízes, caminha pelos vasos e sai através da transpiração. Na realidade, a água é indispensável não só para a fisiologia e crescimento animal e vegetal, mas para diversos fins. Sem este bem, torna-se comprometido o desenvolvimento de qualquer atividade e conseqüentemente o sustento das sociedades.

Souza (2010) afirma que, para que seja produzido um quilo de papel são necessários em média 324 litros de água, e em um quilo de trigo é gasto cerca de 1,3 mil litros de água. Para a produção de uma tonelada de milho é necessária uma demanda hídrica em torno de 1.261 m³ (HOEKSTRA E HUNG, 2002). Barros (2008) afirma que, a água é a substância mais abundante no planeta, cobrindo cerca de 71% da superfície. Um dos grandes problemas deste bem que é essencial à vida, é a sua distribuição, a qual é bastante irregular, o que o torna escasso em algumas áreas.

Os recursos hídricos são consequência direta da desigual precipitação e dos níveis de escoamento. A maior parte do Continente Africano, o Oriente Médio, as regiões a Oeste dos Estados Unidos, Noroeste do México, certas zonas do Chile e Argentina e quase toda a Austrália enfrentam problema de escassez (GIOMETT & CARVALHO, 2006). De toda água doce disponível na Terra, Petrella (2002) afirma que cerca de 60% está em apenas nove países, incluindo, Brasil, Rússia, Canadá, China, Indonésia, África do Sul e Estados Unidos.

O Brasil, segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS, é um país privilegiado em termos de recursos hídricos, pois possui cerca de 12% de toda a água doce que escorre na superfície do mundo. Porém, algumas regiões do território nacional são desfavorecidas, o Nordeste brasileiro possui apenas 3% desse total (SUASSUNA, 2004).

A região nordeste apresenta condições climáticas que desfavorece o acúmulo superficial de água. A alta evapotranspiração dessa região durante todo ano, a baixa precipitação (em torno de 500 a 800 mm/ano), o subsolo desfavorável em muitas localidades (água salina ou formação cristalino) resulta em rios temporários e condições edafoclimáticas de semiaridez (REBOUÇAS, 2004), promovendo a escassez quantitativa e em alguns casos qualitativa de água.

O Semiárido Brasileiro ocupa cerca de 10% do território nacional (TUCCI et al., 2000; REBOUÇAS, 2004), abrangendo cerca de 1.133 municípios com uma população de 20.858.264 habitantes e se estende em 969.589,4 km² (BRASIL, 2011), abrangendo os estados de Minas Gerais, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER, 2002).

A escassez quantitativa e qualitativa de água nessas regiões, prejudicando o desenvolvimento das atividades produtivas, diminuindo desta forma a produção de alimentos e geração de recursos financeiros, tendo com consequência prejuízos econômicos e sociais.

De maneira geral, com o aumento populacional cresce a demanda por alimentos e, conseqüentemente, o aumento do consumo de água na agricultura, sendo este setor o maior consumidor dos recursos hídricos superficiais (cerca de 70%) (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Contudo, se faz necessário o uso racional da água para a agricultura, baseada no aproveitamento de fontes alternativas caracterizadas como de qualidade inferior, para produção de alimentos, de modo tal que comprometa menos o meio ambiente e garanta a produção continuada.

2.2. Utilização de águas subterrâneas

A utilização de águas subterrâneas para diversos fins tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas e as indicações são que essas tendências devem continuar (LIMA, 2001). De acordo com Feitosa (1997), de toda a água doce disponível para consumo, 96% é proveniente de água subterrânea. São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de

parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente essas águas para todo o abastecimento humano.

No Brasil o aquífero subterrâneo é intensamente explorado para os mais diversos fins, como, irrigação, abastecimento populacional, lazer e etc. De acordo com o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2012), existem atualmente 220.455 poços cadastrados para captação subterrânea de água, dos quais 26.959 estão localizados no estado do Piauí, local este com maior quantidade de poços cadastrados do Brasil. Pernambuco tem 20.223 poços (CPRM, 2012), no qual, o aquífero Beberibe é explorado com mais de 2 mil poços na Região Metropolitana do Recife, para suprimento de condomínios residenciais, hospitais e escolas (TUCCI, 2003).

As águas subterrâneas localizam-se em sua maioria no embasamento rochoso que compõe a região. Um conjunto de rochas sedimentares e cristalinas compõe as Províncias Hidrogeológicas do Brasil (CABRAL & SANTOS, 2007). Os embasamentos sedimentares são formados por rochas do tipo arenito e possuem maior potencial hídrico, pois as águas estão contidas na porosidade das rochas. Portanto, as águas contidas nesses reservatórios se apresentam em maior quantidade e melhor qualidade. Já o embasamento cristalino, as águas estão armazenada nas descontinuidades, falhas ou fraturas das rochas (metamórficas e magmáticas), existindo assim, associações de dissolução das rochas, adquirindo algumas de suas características químicas (SANTOS, 2009).

Diante do cenário de escassez hídrica nas regiões do semiárido, a utilização deste tipo de água (subterrânea) através de poços tubulares, tem sido uma alternativa de abastecimento local das comunidades rurais e seu uso aumentou vertiginosamente nos últimos anos (CPRM, 2004). Estas águas também devem ser consideradas um meio para acelerar o desenvolvimento econômico e social local, visto que os recursos financeiros exigidos para sua exploração são reduzidos (LIMA, 2001). Rebouças (1999) afirma que, devido à maior proteção da qualidade em comparação com águas superficiais, os aquíferos dispensam investimentos com estações de tratamentos, não sofrem assoreamento e nem perdem grandes volumes por evaporação, além da captação no local dispensar estações de recalque e adutoras.

Uma realidade é que o Semiárido possui cerca de 50% de rochas do embasamento cristalino e os poços tubulares perfurados para captação de água geralmente são de baixas vazões e alta salinidade, tornando inviável o seu uso na agricultura convencional (CABRAL & SANTOS, 2007). Desta maneira, o conhecimento da qualidade das águas subterrâneas é muito importante, sendo necessário estudos com o intuito de encontrar uma melhor forma de

utilização desse tipo de água, provocando desenvolvimento econômico e sustentável para estas localidades

2.3. Qualidade da água subterrânea

As águas em relação as suas características química/físicas contêm diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos pelo homem. Quando substâncias ou impurezas, de origem orgânica ou inorgânica estão presentes na água, conferem-lhe determinadas propriedades ou características que é importante conhecer para que se possa tomar decisões acerca da alocação do seu uso (SOUSA, 2001).

Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a água, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para um determinado uso, como por exemplo, abastecimento humano, irrigação, dessedentação de animais, etc. (UFV, 2010).

Por esses indicadores, a caracterização da qualidade das águas pode, em grande parte, ser feita por simples análises laboratoriais. A influência da atividade antropogênica e da geologia na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, vem sendo quantificada por diferentes pesquisadores (MELLOUT; COLLIN, 1998), nos quais se obtém uma série de dados objetivando sintetizar, agrupar ou avaliar características da área de estudo.

A água subterrânea é aquela que infiltra no subsolo e que está presente nos poros dos solos, em sedimentos ou em espaços vazios do subsolo. De acordo com Soares (2007), é uma importante alternativa frente às águas superficiais intensamente exploradas no semiárido brasileiro. Assim, como alguns fatores que interferem na qualidade das águas superficiais, as águas subterrâneas tem sua qualidade alterada também pelas características no armazenamento (aquíferos livres ou confinados) e natureza geológica (influência litológica na composição química da água) (CRUZ E MELO, 1969).

O movimento lento da água infiltrando-se no solo propicia-lhe um íntimo e demorado contato com os minerais que formam a crosta terrestre e que nela vão se dissolvendo em maior ou menor proporção. Assim, a água subterrânea vai aumentando o seu teor em substâncias dissolvidas à medida que prossegue no seu movimento, até que entre essas seja alcançado um equilíbrio (JOHNSON DIVISION, 1978). Portanto, a qualidade química das

águas subterrâneas depende da concentração inicial de sais na água de recarga e, principalmente, das características dos solos e das rochas em que escoam, infiltram e se confinam (HOLANDA; AMORIM, 1997). Justamente em virtude da variabilidade espacial sobre as características do solo e da sua matriz, tem-se a variabilidade qualitativa das águas subterrâneas disponíveis.

De modo geral, as águas subterrâneas brasileiras possuem boa qualidade físico-química e bacteriológica, adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano, com exceção dos aquíferos fraturados devido ao alto teor de sais dissolvidos (ZOBY E OLIVEIRA, 2005). De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua resolução 357/2005, as águas do território nacional são classificadas em função da sua salinidade, como por exemplo, águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5%); águas salobras (salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%). Rebouças (1999) expressa esses valores no Sistema Internacional de Unidades em, 500 mg L⁻¹ para águas doces, valores superior a 500 mg L⁻¹ e inferior à 30.000 mg L⁻¹ são consideradas águas salobras, e acima de 30.000 mg L⁻¹ águas salinas.

Para o consumo humano, de acordo com o Ministério da Saúde (MS) em sua portaria de número 36 de 19 de janeiro de 1990, a quantidade de sólidos totais dissolvidos permitido é de até 1000 mg L⁻¹; já para produção agrícola Ayers e Westcot (1999), afirmam que águas com até 450 mg L⁻¹ de sólidos totais dissolvidos não há restrição de utilização, se a concentração for entre 450 a 2000 mg L⁻¹ há restrição moderada, e acima deste valor (2000 mg L⁻¹) a restrição é severa.

De maneira geral, o teor de sais na água de irrigação é função das rochas predominantes nas nascentes, da zona climática, da natureza do solo em que a água flui e de poluições devido à atividade humana. No caso de águas subterrâneas, o teor de sais depende da origem da água e do curso sobre o qual ela flui, em conformidade com a lei de dissolução, baseada no contato entre a água e o substrato que a armazena. A mudança no teor de sais da água subterrânea no processo de recarga resulta da redução (geralmente de natureza bioquímica), troca catiônica, evapotranspiração e precipitação (YARON, 1973).

Contudo, a utilização desordenada de água salobras ou salinas na agricultura pode causar sérios problemas ambientais, como, salinização dos solos e desertificação de áreas produtivas, com sérios problemas no desenvolvimento vegetativo.

2.4. Efeito da salinidade sobre as plantas

Problemas com salinidade ocorrem, quando os sais acumulam-se na zona radicular à concentração tal que, não permite que as culturas retirem água suficiente, provocando assim, estado de escassez hídrica nas plantas por tempo significativo, o que ocasiona perdas na produção.

Geralmente, o primeiro efeito da salinidade no desenvolvimento das plantas é a redução no crescimento (TAIZ; ZEIGER 2004), mas são várias as consequências dos sais sobre as culturas. A resposta das plantas ao excesso de sal é complexa e envolve alterações na sua morfologia, fisiologia, metabolismo e anatomia. Esteves & Suzuki (2008) afirmam que, durante o estresse salino, a fotossíntese é inibida devido à desidratação das membranas celulares, há também redução na abertura dos estômatos para que sejam diminuídas as taxas de transpiração durante este período de estresse.

De forma geral, a salinidade dificulta o desenvolvimento das plantas, por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, podendo também ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em virtude da acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais (MUNNS, 2002). A salinidade pode afetar o comportamento das plantas de forma diferente, em função do seu estágio de desenvolvimento (SHANNON & FRANCOIS, 1978), do nível de salinidade em que a planta está exposta e em relação à cultura.

Durante a fase de germinação, o efeito da exposição prolongada das sementes à salinidade compromete os processos fisiológicos e a resposta das sementes é menor quanto maior for o nível salino exposto (ESPINAR et al., 2005). Mesmo plantas halófitas, capazes de tolerar elevadas quantidades de sais na rizosfera sem afetar seu crescimento, demonstram em seu estágio de germinação e de plântula certa sensibilidade aos sais (DEBEZ et al., 2004).

Munns (2006) corrobora com Medeiros et al., (1998) afirmando que, devido à diminuição do potencial osmótico, juntamente com o potencial mátrico, as raízes das plantas tem que vencer as resistências de absorção de água no solo; ainda segundo estes autores, o aumento da pressão osmótica pode atingir um nível tal, em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica.

Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e sobrevivam ao estresse salino, cada cultura possui seu limite de tolerância, denominado Salinidade Limiar (SL), acima do qual o seu rendimento é reduzido com o incremento da salinidade do solo

(RHOADES et al., 2000). Quando este limite é ultrapassado, o excesso de sais na solução do solo modifica as atividades metabólicas das células no processo de alongamento celular, limitando a elasticidade da parede celular, reduzindo o alongamento da célula e, como conseqüência, o crescimento da planta. Orтели (1968) afirma que o alongamento da célula vegetal ocorre quando a pressão hidrostática vacuolar interna excede à pressão externa resultante da tensão das paredes e membranas celulares e da pressão exercida pelas células adjacentes. Com isso, a pressão de turgor aumenta e a parede da célula ganha elasticidade e plasticidade, permitindo sua expansão. A redução na quantidade de água disponível e conseqüente diminuição na quantidade de água absorvida, combinado com os distúrbios nutricionais provocados pelo meio salino, provocam reduções consideráveis no crescimento das plantas.

Plantas afetadas pela salinidade apresentam desenvolvimento lento e as folhas são menores, apesar de serem mais espessas (BRESLER et al., 1982), com folhas de coloração verde mais escura, podem apresentar também clorose, necrose e uma redução no desenvolvimento dos frutos.

Os efeitos tóxicos aparecem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, proporcionando toxicidade na planta por excesso de íons absorvidos. Este excesso promove desbalanceamento e prejuízo ao citoplasma, resultando em danos, principalmente na bordadura e no ápice das folhas (LIMA, 1997). Estes danos dependem do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas, podendo aparecer em qualquer planta, desde que as concentrações de sais interna sejam suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância. A toxicidade, normalmente, é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, entretanto, muitos outros micronutrientes são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações (AYERS e WESTCOT, 1999).

Efeitos indiretos usualmente ocorrem devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas indiretamente. Em muitos casos, a concentração de sais não atinge níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de nutrientes e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um processo metabólico normal (MEDEIROS et al., 1998).

Läuchli & Epstein (1984) afirmam que quando as culturas são submetidas a estresse salino, sente-se primeiramente nas raízes, mas o ajuste osmótico, assim como a inibição do

crescimento e a toxicidade, são mais perceptíveis na parte aérea da planta. A toxidez evidenciada pelo cloreto é a queima do ápice das folhas que, em estágios avançados, atinge as bordas e promove a queda prematura nas culturas sensíveis. Os sintomas típicos do sódio são diferentemente do cloreto, pois surgem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas e os sintomas aparecem nas folhas mais velhas e em suas bordas, daí na medida em que o problema se agrava, a necrose se espalha progressivamente na área inter nerval, até o centro das folhas (SILVA JUNIOR, 2007). Assim, em adição aos processos celulares, a interação entre o sistema radicular e a parte aérea é parte essencial na resposta da planta à salinidade.

2.5. Cultivo hidropônico com águas salobras

A hidroponia é um conjunto de técnicas empregadas para o cultivo de plantas sem a utilização de solo, de forma que os nutrientes essenciais são fornecidos através de uma solução nutritiva balanceada que atenda as necessidades da planta a ser cultivada.

A palavra Hidroponia deriva das palavras gregas hidro = água e ponos = trabalho (SHOLTO, 1987). A combinação dessas duas palavras pode ser resumida como “trabalhar com a água”, o que na prática significa usar solução, em água, de sais minerais para se produzir plantas, sem o uso do solo.

O interesse do homem no cultivo hidropônico é muito antigo, isto pode ser denotado nos trabalhos de Woodward em 1699 na Inglaterra para descobrir como as plantas conseguiam captar os nutrientes que necessitavam (SHOLTO, 1987). Utilizando a cultura em água, Woodward procurou determinar se era a água ou partículas sólidas do solo que nutriam as plantas, daí os estudos continuaram com outros pesquisadores até esta técnica ser bastante difundida e chegar a nosso país em 1989. No Brasil a produção comercial começou em 1989/1990 com o japonês Shigeru Ueda na região de São Roque (estado de São Paulo), quando o cultivo de alface era feito em bancas de telhas de amianto recobertas com isopor. A hidroponia é caracterizada como o cultivo de plantas em meio líquido, associado ou não a substratos não orgânicos naturais, ao qual é adicionada uma solução nutritiva necessária ao desenvolvimento da cultura (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994).

Existem várias técnicas hidropônicas, entre elas destacam-se: a Aeroponia, Hidroponia Flooting (Técnica do fluxo profundo – Deep Film Technique) e o NFT (Técnica do Filme

Laminar de Nutriente – Nutrient Film Technique). Na Técnica do Filme Laminar de Nutriente (NFT), as plantas são alimentadas por um filme de água e nutrientes (TEIXEIRA, 1996), sendo esta a mais difundida no Brasil. Nesse sistema, a camada do fluxo intermitente de solução nutritiva, é bombeada de um depósito para um canal de forma circulatória.

Um dos muitos motivos dessa técnica (NFT) ter tido uma grande difusão no Brasil é que a hidroponia vem como alternativa para melhora na produção agrícola em comparação com os métodos convencionais, já que se pode produzir independente da presença de solo, o que é uma alternativa para que haja produtividade, mesmo nas localidades com solos pobres ou improdutivos. Destacando-se também, maior rendimento por área; menos incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos, em decorrência de melhor controle ambiental (MARTINEZ & BARBOSA, 1996).

O maior rendimento pode ser pelo fato de que em um sistema hidropônico é utilizado todo espaço disponível e as plantas têm a sua disposição todos os nutrientes essenciais para seu consumo, o que faz com que o desenvolvimento seja mais rápido, com isso diminui o ciclo de produção. As pragas e as doenças são mais fáceis de serem controladas visto que o sistema hidropônico é realizado em ambiente protegido, então não há interferências externas de animais ou precipitação de maneira a acarretar algum dano, e quando há ocorrência de algum problema, este por ser pontual, pode-se resolver de maneira mais rápida.

No Brasil, as vantagens do cultivo hidropônico, foram assimiladas tardiamente e atualmente existem vários problemas, dentre eles, o mau planejamento, poucos técnicos especializados na área, a utilização de estruturas e materiais impróprios para o cultivo, falta de informações sobre as culturas e sobre o mercado, controle inadequado de fatores ambientais ligados a nutrição das plantas e outros. Ainda está faltando integração entre instituições públicas de pesquisa, extensão rural, empresas privadas e produtores (RODRIGUES, 2002).

De acordo com Teixeira (1996), em praticamente todos os estados do Brasil se cultivam hortaliças em sistemas hidropônicos, porém Rodrigues (2002), afirma o crescente avanço na região Nordeste.

Mesmo a hidroponia sendo uma técnica que beneficie a Região Semiárida, pois acarreta o uso eficiente da água neste tipo de região que apresenta escassas reservas hídricas (SCHWARZ, 1995; SANJUÁN & GAVILÁN, 2004), a falta de informações sobre esse sistema de cultivo, dificultam sua expansão ou até mesmo o uso desse tipo de sistema no semiárido do Nordeste brasileiro, principalmente para os pequenos produtores.

No Semiárido, além da falta de água a qualidade da mesma é outro problema existente, pois, em grande parte de seu território, estas águas apresentam altas concentrações de sais que podem tornar seu uso restritivo à hidroponia. Apesar de alguns autores citarem a qualidade da água como um dos principais fatores a serem observados como critério para a seleção de uma área para a implantação de um projeto hidropônico (RODRIGUES, 2002; FURLANI, 1998), estudos estão sendo realizados no sentido de viabilizar o uso de águas que até então eram consideradas inadequadas para uso produtivo (SOARES, 2007; SANTOS, 2009; ALVES et al., 2011, SILVA, 2012).

O cultivo hidropônico NFT apresenta duas principais vantagens para o cultivo utilizando águas salobras: não possui contato direto com o meio ambiente e o uso mais eficiente da água (TEIXEIRA, 1996). Essas vantagens potencializam a utilização da hidroponia em NFT como alternativa de cultivo com águas salobras nas regiões semiáridas.

No sistema NFT, a solução nutritiva é bombeada aos canais de cultivo e escoada por gravidade, formando uma lâmina de solução que irriga as raízes das plantas sustentadas em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI et al., 1999). Essa característica do NFT promove maior disponibilidade de água às plantas, o que pode representar maiores respostas produtivas em condições salinas. Os efeitos negativos da salinidade são menores para cultivo hidropônico do que no cultivo convencional em solos onde a água torna-se menos disponível às plantas, devido ao acúmulo de sais, que promove uma redução no potencial osmótico (SILVA, 2012). Se confirmada, essa hipótese pode tornar a hidroponia uma alternativa de grande importância para incrementar a renda e a produção de alimentos para a população residente no Semiárido Nordeste, bem como representaria uma contribuição para potencializar o uso de águas salobras para fins agrícolas (SANTOS, 2009). Soares (2007) afirma que, quando o objetivo é aproveitar águas salobras, têm-se preferido escolher as culturas de ciclo curto e tolerantes para que os efeitos da salinidade na planta sejam menores e não reduzam tanto a produção.

Contudo, se faz necessário estudos sobre a utilização de águas salobras subterrâneas em sistema hidropônico, visto que existe poucas informações sobre o assunto, não sendo encontradas muitas citações sobre tolerância de algumas culturas com este tipo de produção.

2.6. A cultura do agrião

Ainda são poucos os estudos na literatura com a cultura do agrião tanto em cultivo hidropônico quanto convencional. De acordo com Silva (2010), o agrião (*Nasturtium officinale* R.), é uma hortaliça proveniente do sudeste da Ásia e seu uso comercial tem data do século XIX. Na Europa ocupa lugar de destaque, de onde se espalhou para o mundo, e hoje é facilmente encontrado em qualquer lugar do Brasil.

Pertencente à família Brassicaceae, o agrião apresenta caule rastejante e nele se desenvolvem finas raízes aquáticas que retiram nutrientes do meio líquido. Além dessas, há raízes pivotantes, que fixam a planta ao solo. Esta cultura vegeta bem em água corrente (FILGUEIRA, 2008) sendo encontrada no meio natural em zonas úmidas como rios e riachos, sendo a época mais indicada para colheita o início da primavera, ou seja, em meados de setembro. A planta se desenvolve melhor sob temperaturas amenas e em regiões de altitude pode-se cultivar ao longo de todo ano, já em regiões quente, Boiteux & Giordano (2007) afirmam que, o florescimento pode ser induzido precocemente o que prejudica seu crescimento e qualidade.

Assim como a maioria das hortaliças folhosas, o agrião é um vegetal de baixo teor calórico. Fornece 22 calorias em cada 100 gramas. Ele é considerado uma das principais fontes de vitamina A, essencial para a boa visão e para manter a saúde da pele (SILVA, 2010). É uma cultura rica em vitamina C e em sais minerais, apresenta mais ferro que a couve e o espinafre e os talos são ricos em iodo (EMBRAPA, 2011; SILVA, 2010).

O tipo de agrião mais popular em nosso país são as variedades chamadas de "agrião de água", sobretudo aquelas que pertencem ao grupo de folhas largas. Os brasileiros também costumam consumir muito o agrião de terra seca, variedade algumas vezes preferida como broto (BOITEUX & GIORDANO, 2007).

Como é uma planta rústica e resistente, o agrião é fácil de cultivar. Porém, precisa-se de muita água. O plantio é feito através de sementes. Para seu cultivo, o mais indicado são solos do tipo argiloso com boa umidade e com altos teores de matéria orgânica, tendo melhor produção em solos com pH entre 6,0 a 8,0 (FILGUEIRA, 2008). A germinação das sementes ocorrem entre 4-14 dias (Importadora de Sementes para lavoura- ISLA, 2006). Filgueira (2008) afirma que, atualmente são utilizados canteiros construídos com cerca de 10 metros de comprimento, 1 m de largura e apenas 10 cm acima do nível do terreno. Sobre o leito bem preparado e enriquecido com adubação organomineral, transplantam-se as mudas, no

espaçamento 20 x 20 cm. Segundo a EMBRAPA (2010), as estacas retiradas de culturas adultas também podem ser utilizadas para o plantio.

A irrigação deve ser feita diariamente, duas ou mais vezes por dia. Deve-se evitar a concorrência por água e nutrientes com a eliminação de ervas daninhas no local (BOITEUX & GIORDANO, 2007).

A colheita ocorre a partir dos 55-70 dias após a sementeira; se o plantio for feito com estacas, colhe-se já aos 40-50 dias. Podem ser obtidos até 10 cortes, com intervalos de 20-30 dias. O ponto de colheita se dá quando as folhas atingem o tamanho máximo; porém antes que se tornem pontiagudas e enegrecidas e os caules endureçam (FILGUEIRA, 2008). De acordo com ISLA (2002), o tamanho comercial das plantas variam de 10-20 cm. Após ser efetuados os cortes a 5 cm da superfície do leito do canteiro. Preparam-se os maços, que são mantidos úmidos por meio de borrifos durante a comercialização.

Em hidroponia o plantio é feito em solução nutritiva e como nesse tipo de sistema de cultivo os custos são elevados o preço do maço do agrião chega a dobrar de valor (BOITEUX & GIORDANO, 2007).

De acordo com CEASA/PE (2012) para a produção a céu aberto e em solo, o preço do maço com 100 g, varia entre R\$0,50 e R\$0,70 com situação de mercado estável e tendo como principais municípios fornecedores em Pernambuco, Chã grande e Vitória de Santo Antão.

2.7. A cultura da couve chinesa

Assim como a cultura do agrião, a couve chinesa também apresenta poucas informações sobre seu cultivo. Entretanto, a família Brassicaceae compreende um grande número de culturas, incluindo diversas espécies botânicas de importância econômica, amplamente cultivadas em todos os continentes. No Brasil, destacam-se: brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica* L.), couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala* D.C.), couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L.), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) e repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), entre outras (FILGUEIRA, 2003).

A couve-chinesa é originária do Extremo Oriente. Cultivada na China há mais de 1.500 anos, foi introduzida no Japão no final do século XIX (MAROTO-BORREGO, 1995) e chegou ao Brasil no início do século XX (EMBRAPA, 2011).

É uma planta anual, cujas folhas apresentam uma nervura central destacada, de coloração branca, razão pela qual é também chamada de “acelga”, embora a verdadeira acelga seja denominada *Beta vulgaris* L. var. *cycla* L., pertencente a família da beterraba. As folhas da couve-chinesa se fecham formando uma cabeça compacta, globular-alongada. A maioria das cultivares produz melhor sob temperaturas amenas entre 15-25 °C, ou seja, quando semeadas no outono-inverno. Entretanto, há híbridos que apresentam maior tolerância ao calor (FILGUEIRA, 2008). De acordo com Maroto-Borrego (1995), a couve-chinesa também é sensível a fotoperíodos longos e a temperaturas inferiores a 12 °C, que induzem a floração prematura. É semeada em bandeja ou em sementeira e as mudas são posteriormente transplantadas para o local definitivo, com espaçamento de 70 × 30 cm. As cabeças são colhidas 60-70 dias após a semeadura e embaladas em sacos de malhas plásticas (FILGUEIRA, 2008) para o transporte até os centros de comercialização.

A couve chinesa é muito nutritiva. É uma excelente fonte de ácido fólico (importante para a formação do sangue), vitamina A, vitaminas do grupo B e cálcio. Também fornece vitamina C e potássio (EMBRAPA, 2011; SILVA, 2010; EMBRAPA, 2010).

Segundo a CEASA/PE (2012) para a produção a céu aberto e em solo, o preço do quilo da couve chinesa varia entre R\$1,50 e R\$2,00 com situação de mercado estável e tendo como principais municípios fornecedores em Pernambuco, Chã grande e Vitória de Santo Antão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e Estrutura experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Recife, localizada a 8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 56' 48" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m.

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido em estrutura plástica comercial, com cobertura em arco, nas dimensões 7,0 m de largura e 24,0 m de comprimento e 3,0 m de pé direito e 4,5 m de altura central. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas, possuindo um rodapé de 20 cm em concreto armado (Figura 1). O piso foi revestido com manta geotêxtil (bidim), com o objetivo de melhorar as condições fitossanitárias, bem como minimizar os efeitos da poeira sobre o sistema de bombeamento. No interior do ambiente foi instalado um datalogger para medição de temperatura e umidade.



Figura 1. Vista frontal (A) e vista lateral (B) do ambiente protegido

Foi confeccionada uma estrutura hidropônica composta por 48 parcelas (Figura 2), sendo 24 confeccionadas em perfil hidropônico pequeno (diâmetro comercial 75 mm) e 24 confeccionadas em perfil hidropônico grande (diâmetro comercial 150 mm). Cada parcela representava um sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) (RODRIGUES, 2002) independente, composto por um perfil de 3m de comprimento feito em polipropileno com

aditivo antiultravioleta, uma eletrobomba de circulação, um reservatório para solução nutritiva (60 L para a parcela com perfil pequeno e 45 L para a parcela com perfil grande) e um reservatório de abastecimento automático (volume de 15 L) para reposição da água evapotranspirada (SOARES et al., 2009).



Figura 2. Interior do ambiente protegido com as parcelas experimentais

Nos perfis grandes o espaçamento entre plantas era de 0,50 m e entre os perfis o espaçamento era de 0,90 m, montados individualmente. Nos perfis pequenos, o espaçamento era de 0,25 m entre as plantas e, 0,30 m entre perfis, sendo montados quatro a quatro, com uma tela por baixo dos perfis para a sustentação das plantas e espaçamento de 0,80 m entre cada grupo de quatro perfis (Figura 3) para facilitar a circulação e operacionalidade. A altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi de 0,85 m para o perfil pequeno e 0,50 m para o perfil grande, ambos possuíam quatro pontos de apoio e uma inclinação de 5,0%.

Cada parcela possuía uma tubulação de PVC para a condução da solução nutritiva que era bombeada do reservatório até a parte mais alta da bancada, sendo injetada no perfil hidropônico através de um microtubo flexível de 4 mm de diâmetro conectado a tubulação por um conector tipo borboleta. A solução injetada percorria o perfil em declive com uma vazão média de 1,5 L por minuto no perfil pequeno e 2,0 L por minuto no perfil grande, sendo esta vazão regularizada com o auxílio de um registro de passagem. O excedente não injetado no

perfil voltava ao reservatório mediante tubulação de retorno, favorecendo assim a aeração da solução nutritiva.



Figura 3. Perfis pequenos montados quatro a quatro com tela por baixo

Também foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para a reposição da lâmina evapotranspirada para cada parcela. Os abastecedores eram constituídos de, uma tubulação de PVC de seção contínua com diâmetro de 150 mm, interligado a uma torneira-bóia que proporcionava assim, a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva, propiciando a manutenção do volume de solução em cada tratamento (Figura 4 A). O abastecedor também era dotado de uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente (Figura 4) para leitura do nível da água. O depósito de abastecimento possuía uma tampa para evitar perdas por evaporação e possíveis contaminações na água (Figura 4 B).



Figura 4. Abastecedor automático interligado a uma torneira bóia (A) e (B) abastecedores devidamente tampados

3.2. Condução dos Experimentos

3.2.1. Produção de mudas

As culturas estudadas foram agrião de água (*Nasturtium officinale*) folha larga (Frances) e a couve chinesa (*Brassica pekinensis*) (Natsume). A sementeira foi realizada em placas de espuma fenólica (2x2x2 cm). Para a sementeira do agrião foram efetuados riscos longitudinais na espuma fenólica, sendo, posteriormente, colocadas cerca de 12 sementes por célula (Figura 5A), e para a sementeira da couve chinesa as sementes foram plantadas em orifícios circulares feitos com o bocal de uma caneta esferográfica, sendo colocada exatamente três sementes por célula (Figura 5B). Antes da sementeira as placas de espuma fenólica foram lavadas com água corrente em abundância e tratadas com hidróxido de potássio (KOH) na concentração de 0,01N para eliminar a acidez das espumas decorrente do processo de fabricação e possíveis agentes contaminantes.

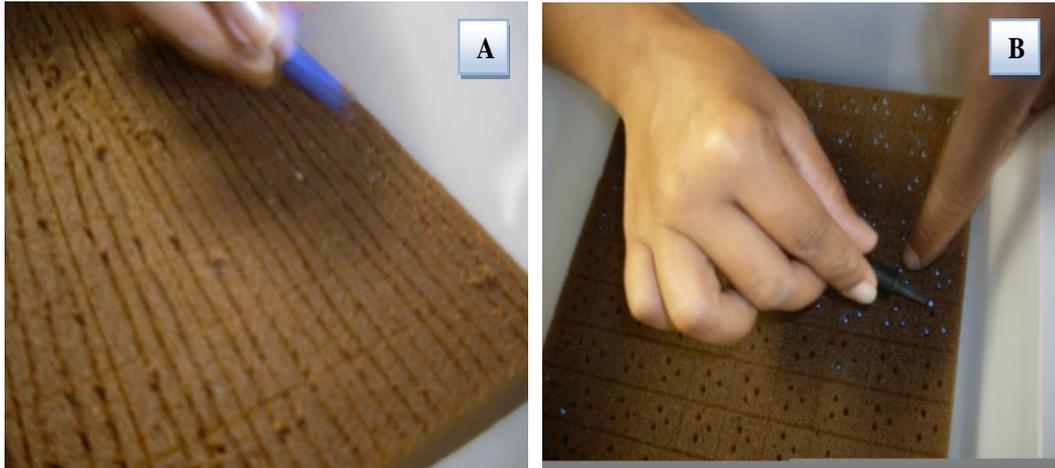


Figura 5. Semeadura do agrião (A) e da couve-chinesa (B)

Após a sementeira, as placas foram mantidas em ambiente escuro até a germinação, permanecendo neste ambiente por cerca de 96 horas as placas com agrião e 30 horas as placas com couve chinesa. Após este período, as plântulas foram transferidas para o berçário em hidroponia NFT (Figura 6) no ambiente protegido, sendo irrigadas com solução nutritiva (FURLANI, 1998) diluída a 50 %.

A irrigação do berçário era controlada por um temporizador elétrico programado para intervalos regulares de 15 minutos entre cada irrigação, que tinha duração também de 15 minutos, isto no período entre às 7 horas da manhã e 18 horas do dia. No período das 18 horas às 7 horas, o temporizador era programado para uma irrigação a cada 2 horas com duração de 15 minutos cada.

Aos oito dias após a sementeira (DAS) ocorreu o desbaste, permanecendo cinco plantas por célula do agrião e uma planta por célula da couve chinesa. As mudas continuaram no berçário por cerca de 15 (DAS), e foram então, transplantadas para os perfis hidropônicos (parcelas experimentais). As mudas transplantadas não passaram por período de aclimação ao excesso de sais na solução. Ou seja, não foi empregado o procedimento de aumento gradativo da salinidade, o qual visaria não se permitir choque osmótico.



Figura 6. Bercário hidropônico (A); mudas de agrião (B) e mudas de couve chinesa (C) ambas com 15 (DAS)

3.2.2. Tratamentos

Foram realizadas três situações de utilização de águas salobras para cultivo hidropônico em NFT, sendo denominados de Experimento I, Experimento II e Experimento III.

3.2.2.1. Experimento I

Neste experimento as águas salobras utilizadas no preparo da solução nutritiva foram produzidas com a aplicação de NaCl na água de abastecimento e os níveis de salinidade da água desejados foram: 0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m^{-1} . O volume evapotranspirado era repostado com água de salinidade semelhante à empregada no preparo da solução. Assim sendo, a condutividade elétrica da solução (CESol) foi variável ao longo do tempo, tendendo a ser decrescente para a água com CEa igual a 0,2 dS m^{-1} e crescente para as águas salobras. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. O experimento foi conduzido

no período de 27/07/11 à 16/08/11 para a cultura do agrião e de 25/10/11 à 30/11/11 para a couve chinesa.

3.2.2.2. Experimento II

No experimento II as águas utilizadas como tratamentos foram obtidas a partir da simulação de águas salobras de diferentes poços oriundos de diferentes localidades do município de Ibimirim/PE. A composição química das águas é descrita na Tabela 1 e, assim como no Experimento I, essas águas foram utilizadas para o preparo da solução nutritiva e também para a reposição da lâmina evapotranspirada. Os tratamentos foram designados como: T1 – AA (água de abastecimento com solução nutritiva padrão); T2 – Poço localizado na comunidade de Poço do Boi (PB); T3 – Poço da Pousada (PP); T4 – Poço localizado na Agrovila 8 (PAV8); T5 – Poço localizado na Fazenda Bruaquinha (PFB) e T6 – Poço localizado na comunidade Sítio Angico (PSA). O delineamento experimental também foi o casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais para cada cultura. Este experimento foi conduzido no período de 02/03/12 à 28/03/12 para a cultura do agrião e de 19/01/12 à 23/02/12 para a couve chinesa.

Tabela 1. Composição química das águas utilizadas

Poço	CEw (dS m ⁻¹)	pH	Cátions				Ânions			
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ³⁻	HCO ³⁻	SO ⁴⁻
(mg L ⁻¹)										
PB (T2)	1,67	7,23	90,09	71,66	2,73	176,86	349,70	52,85	361,24	133,40
PP (T3)	3,3	6,72	207,48	147,89	37,07	295,27	1105,55	36,79	500,94	65,00
PAV8 (T4)	4,71	7,08	436,80	185,86	18,00	476,24	1927,20	118,86	689,70	47,40
PFB (T5)	5,88	7,39	300,30	202,95	10,54	665,44	2230,53	0,00	419,82	0,00
PSA (T6)	13,84	7,67	60,06	1146,69	18,00	1283,89	4893,56	82,07	755,04	137,69

PB – poço do boi; PP – poço da pousada; PAV8 – poço da agrovila 8; PFB – poço da fazenda bruaquinha; PSA – poço do sitio angico. CEw – condutividade elétrica da água.

3.2.2.3 Experimento III

No experimento III, as águas utilizadas como tratamentos foram obtidas a partir da simulação das mesmas águas utilizadas no Experimento II, provenientes de cinco poços de diferentes localidades do município de Ibimirim/PE. Porém, neste caso teve-se a finalidade de

estudar a tolerância da cultura e simular situações em que o agricultor mais tecnificado possa fazer um controle da condutividade elétrica da solução (CEsol) mediante a utilização de água de boa qualidade para reposição da lâmina evapotranspirada. Assim como nos demais Experimentos o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais para cada cultura. O experimento foi conduzido no período de 27/08/11 à 22/09/11 para a cultura do agrião e de 26/08/11 à 03/10/11 para a couve chinesa.

3.2.3. Preparo da solução nutritiva

Após o transplante para as parcelas experimentais as plantas foram submetidas aos tratamentos indicados juntamente com a solução nutritiva proposta por Furlani (1998) para hortaliças folhosas (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidades de fertilizantes e a respectiva concentração de nutrientes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva para cultivo hidropônico de culturas folhosas

Fertilizante	(g m ⁻³)	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de Cálcio	750,0	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de Potássio	500,0		65		182,5									
MAP	150,0	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400,0						40	52						
Sulfato de Cobre	0,15									0,02				
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato Manganês	1,5											0,39		
Ácido Bórico	1,8								0,31					
Molibdato de Sódio	0,15												0,06	
Fe-EDTA - 13% Fe	16,0										2,08			
Recomendação		24	173,8	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Fonte: FURLANI (1998)

Primeiramente preparou-se cada tipo de água numa caixa d'água, obtendo-se um volume de 240 L, mediu-se a condutividade elétrica da água (CEw) e pH, em seguida acrescentou-se os macro e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva. As fontes (fertilizantes) de macronutrientes foram adicionados de forma individual para dissolução no reservatório. Para adição dos micronutrientes foi preparado uma solução estoque em 1L com concentração 1000 vezes, com exceção do ferro, no qual, preparou-se uma solução estoque

individual para o mesmo, e na mesma proporção que os demais micronutrientes. Após a homogeneização realizou-se leituras de pH e condutividade elétrica da solução (CEsol).

3.3 Monitoramento Climático no ambiente protegido

Diariamente coletou-se dados de temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido para um período de 24h utilizando um datalogger portátil (hobo) da ONSET Computer Corporation. Este instrumento foi instalado no centro do ambiente protegido a uma altura de 1,80 m em relação à superfície do solo. Na Figura 7 se encontram a temperatura média e umidade relativa média diária medida no interior do ambiente durante o experimento I e III para a cultura do agrião. Estas medidas para a cultura da couve chinesa estão representadas na Figura 8.

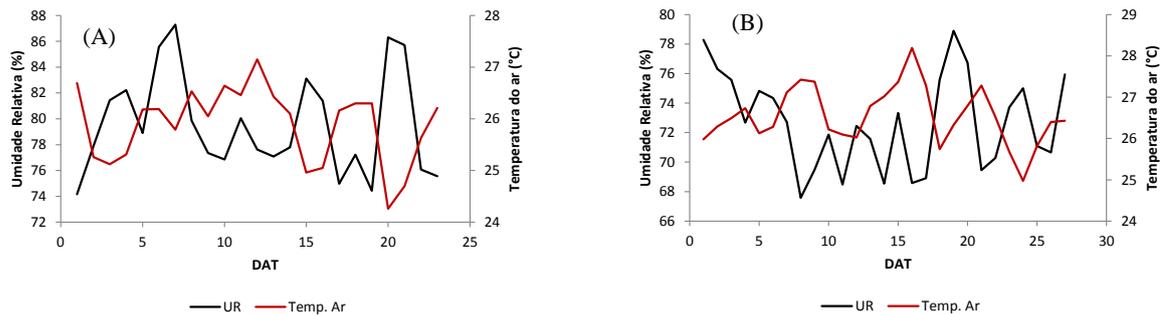


Figura 7. Temperatura do ar e umidade relativa do ambiente protegido ao longo do Experimento I (A) e Experimento III (B) para a cultura do agrião

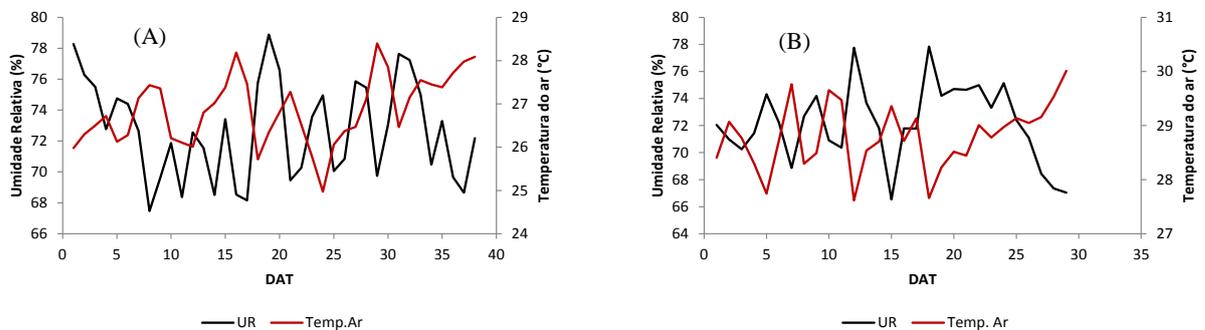


Figura 8. Temperatura do ar e umidade relativa do ambiente protegido ao longo do Experimento III (A) e Experimento I (B) para a cultura da couve chinesa

No experimento II para ambas as culturas não foi houve monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa, devido a um defeito ocorrido no instrumento de medição.

3.4. Variáveis analisadas

3.4.1 Monitoramento da solução nutritiva

Durante os experimentos foram realizadas leituras de pH e condutividade elétrica da solução (CEsol) em dias alternados. Porém, não foi realizado a correção do pH para faixa ideal entre 5,5 - 6,5; simulando condições reais de campo, supondo que o agricultor não disponibiliza de material para tal ajuste.

À medida que se observou, no tratamento controle (água de baixa salinidade), diminuição da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), realizou-se a substituição da solução, quando esta atingiu valor inferior a 1 dS m^{-1} .

3.4.2 Análise de crescimento e rendimento das culturas

Foram realizadas colheitas periódicas para ambas as culturas, sendo para o agrião uma colheita a cada cinco dias e para a cultura da couve chinesa uma colheita a cada 15 dias. Em cada colheita, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes. A parte aérea foi pesada em balança de precisão (0,01 g), para obtenção da massa de matéria fresca, e posteriormente foi seca em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 65°C durante 96 horas, para obtenção da massa de matéria seca.

Para a determinação da variável área foliar na cultura do agrião utilizou-se o programa SigmaScan a partir das folhas scaneadas. Para a cultura da couve chinesa a área foliar foi determinada através da relação da área com o peso do material vegetal fresco e seco. Para ambas as culturas analisaram-se a taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) em função da salinidade da água em cada colheita (BENINCASA, 1988). De acordo com Benincasa (2004), as taxas de crescimento são obtidas ao longo do ciclo da cultura de maneira que possam ser analisadas por meio de fórmulas matemáticas e/ou graficamente. Para Reis e Muller (1979), a taxa de crescimento absoluto (TCA) é a variação ou incremento entre duas

amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. Já a taxa de crescimento relativo (TCR) é uma medida apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente. A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (REIS E MULLER, 1979).

3.4.3. Determinação do consumo hídrico

O consumo hídrico, diário e ao longo do ciclo, por tratamento foi avaliado através de leituras realizadas nos abastecedores automáticos e posterior cálculo do volume evapotranspirado conforme a equação (1).

$$V_{Etc} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (1)$$

em que:

V_{Etc} - volume evapotranspirado, em ml planta⁻¹;

L_f - leitura final do nível da água no depósito, m;

L_i - leitura inicial do nível da água no depósito, m;

D - diâmetro interno do reservatório, m;

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras;

n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT .

3.5. Análise química do tecido vegetal

Realizou-se análise química na parte aérea das plantas, sendo estas avaliadas para o Experimento I (água produzida com NaCl no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada) e Experimento II (simulação de água salina de diferentes poços para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada), para os seguintes nutrientes: nitrogênio, sódio, potássio, fósforo, enxofre, cloreto, cálcio e magnésio.

Para a determinação dos nutrientes, triturou-se, após secagem do mesmo em estufa a 65°C por 96 horas, a parte aérea de cada planta amostrada. Em seguida, preparou-se os extratos específicos para todas as parcelas dos Experimentos I e II e determinou-se os nutrientes, utilizando as seguintes metodologias:

- Nitrogênio Total- Método de arraste de vapor (Kjeldahl);
- Sódio e Potássio – Método de fotometria de chama;
- Fósforo – Método Colorimétrico do Molibdo-vanadato;
- Enxofre – Método Turbidimétrico do Sulfato de Bário;
- Cloreto – Método de Mohr.
- Cálcio e Magnésio – Método utilizando espectrofotometria de absorção atômica.

Todas as metodologias acima utilizadas estão descritas e publicadas por Bezerra Neto e Barreto (2011).

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade), sendo aqueles que sofreram efeito significativo submetido à análise de regressão, quando estudou-se os níveis de salinidade, e análise de comparação de médias pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) quando estudou-se o uso das diferentes águas (PIMENTEL GOMES, 2000). A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Sisvar, versão 5.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2. Experimento I - Utilização de água salobra produzida com NaCl, para preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada

4.2.1. Monitoramento da solução nutritiva

De maneira geral, em termos de condutividade elétrica, houve um pequeno aumento nos níveis de salinidade da solução nutritiva ao longo do ciclo para ambas as culturas (Figuras 9A e 10A), exceto para o tratamento I, no qual a solução nutritiva foi preparada somente com água de abastecimento, apresentando um decréscimo na CEsol com o decorrer do tempo, o que pode ser explicado pelo fato de a reposição da lâmina evapotranspirada ser realizada com água doce, então a medida em que as plantas consumiam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento ocorria diminuição da salinidade, resultado também encontrado por Santos et al. (2010) e Soares et al. (2010), quando utilizaram água doce em hidroponia NFT para produção de alface. Para os demais tratamentos, o reabastecimento de água no reservatório da solução nutritiva foi realizado com água salobra semelhante à utilizada para o preparo da solução nutritiva. Para a cultura do agrião, não existiu grande variação da CEsol durante o ciclo.

Para a cultura da couve chinesa, ocorreu um aumento da CEsol mais acentuado, podendo isto ser explicado pelo maior consumo hídrico da planta (Figura 15B) e maior período de cultivo, o que promoveu uma maior entrada de água salobra e maior incremento de sais na solução nutritiva. Comportamento semelhante de aumento do nível salino da solução foi encontrado por Alves et al. (2011), Paulus et al. (2010) e Santos (2009) quando avaliaram a utilização de águas salobras no preparo da solução nutritiva e reposição do volume evapotranspirado para a produção de alface.

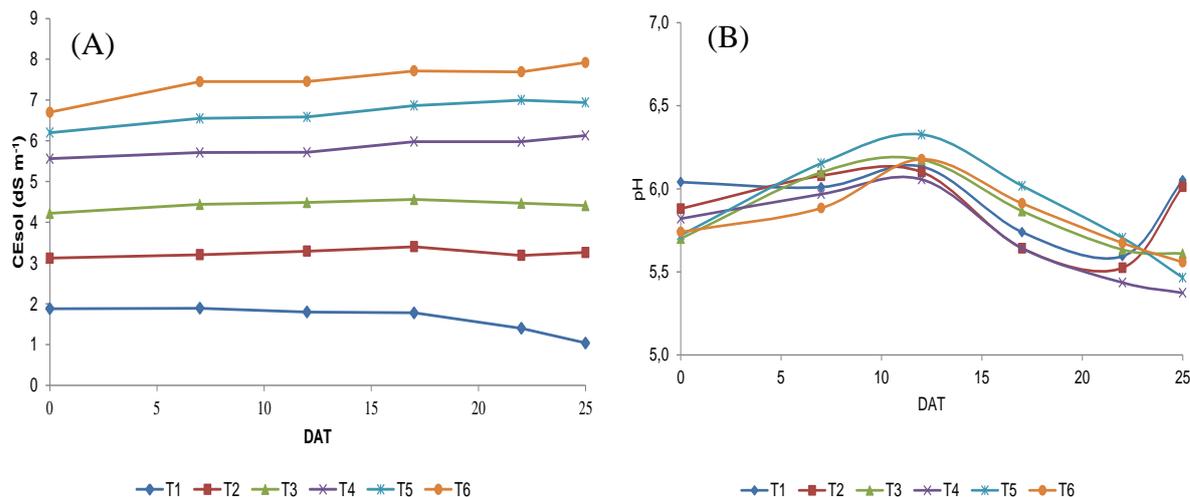


Figura 9. Valores médios de condutividade elétrica (A) e pH (B) da solução nutritiva ao longo do Experimento I na cultura do agrião

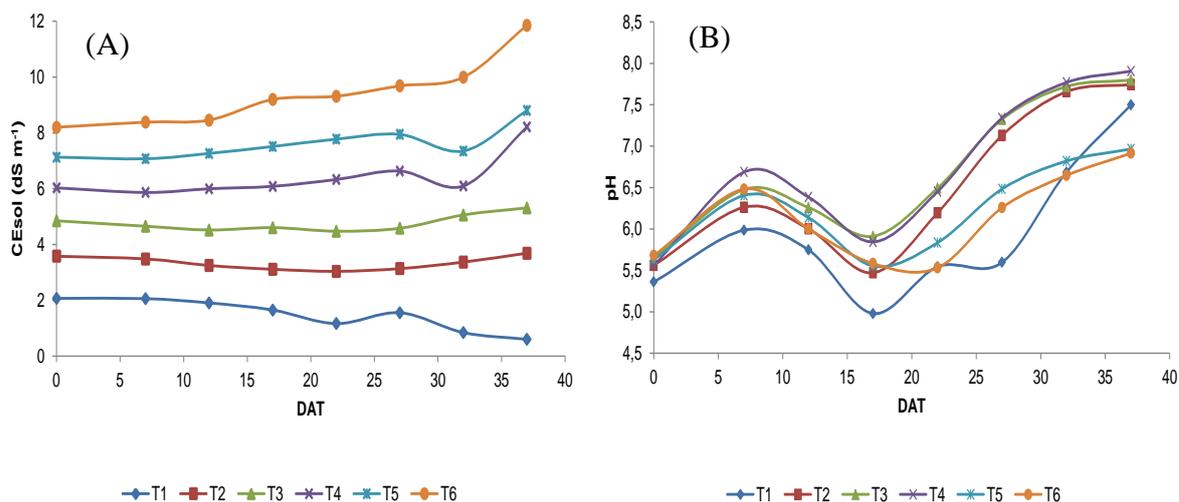


Figura 10. Valores médios de condutividade elétrica (A) e pH (A) da solução nutritiva ao longo do Experimento I na cultura da couve chinesa

Durante o experimento não foi realizada a reposição dos nutrientes, exceto na produção da couve chinesa que aos 23 DAT realizou-se uma troca da solução nutritiva para o tratamento T1, visto que a condutividade elétrica da solução estava em torno de 1 dS m^{-1} .

O pH da solução não foi ajustado durante todo o ciclo das culturas, para que desta forma fosse avaliada as condições de campo, no qual o agricultor não dispõe de material para realizar o ajuste para faixa ideal entre 5,5-6,5.

Para a cultura do agrião o pH da solução permaneceu dentro da faixa de normalidade durante todo o período de cultivo e em todos os tratamentos, exceto o tratamento 4 que

apresentou uma diminuição no final do ciclo (Figura 9B). De acordo com Silva et al. (2001) na hidrólise de sais formado por íons de base forte e ácido forte (NaCl por exemplo) a solução permanece em equilíbrio e se tem pouco efeito sobre mudanças no pH. Variações de pH entre 4,5-7,5 de acordo com Furlani et al. (1999) não afetam o desenvolvimento das plantas em hidroponia, porém, para situações de acidez inferior a 4 pode ocorrer prejuízo na membrana das células e em situações de alcalinidade superior a 8 há deficiência de alguns nutrientes como o ferro e o fósforo, por exemplo.

Na cultura da couve chinesa o tratamento T1 permaneceu com pH ideal até os 12 DAT, tornando-se posteriormente ácido e permanecendo nestas condições até a troca da solução nutritiva (aos 23 DAT). Após a troca da solução o pH permaneceu na faixa ideal e com 32 DAT a solução passou a ser alcalinizada até o final do ciclo. Os demais tratamentos apresentaram pH na fase inicial dentro das condições ideais para a planta e a partir dos 32 DAT todas as soluções estavam tornando-se alcalinas (Figura 10B), isto pode ser explicado pela reação de hidrólise no qual pode ser capaz de produzir uma base forte e um ácido fraco (HCO_3^- , por exemplo), causando um desequilíbrio na solução tendendo-a a alcalinidade (Lembo, 2000).

4.2.2. Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e da Couve Chinesa

De acordo com a análise de variância (Tabela 3) para a cultura do agrião, a salinidade da água não promoveu efeito significativo sobre as variáveis: número de folhas (NF), taxa de crescimento relativo da massa fresca (TCRMF), taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo para o número de folhas (TCANF e TCRNF). Já para as variáveis massa fresca, massa seca, taxa de crescimento absoluto da massa fresca e taxa de crescimento absoluto da massa seca (MFPA, MSPA, TCAMF e TCAMS) os efeitos foram altamente significativos. As variáveis correspondente a área folia (AF) e taxa de crescimento relativo da massa seca (TCRMS) apresentaram significância em 5% de probabilidade de acordo com a análise de variância.

Para a cultura da couve chinesa a análise de variância mostrou efeito altamente significativo para todas as variáveis analisadas (Tabelas 4 e 5), exceto para taxa de crescimento relativo da massa seca que teve significância a 5%.

Tabela 3 - Análise de variância das variáveis estudadas na cultura do agrião no Experimento I

Fonte de variação	Teste F									
	AF	NF	MFPA	MSPA	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS	TCANF	TCRNF
Cew	13*	6,76 ^{ns}	35,53**	20,10**	31,33**	2,33 ^{ns}	9,94**	3,07*	17,71 ^{ns}	2,29 ^{ns}
CV (%)	18,36	11,3	10,36	11,56	10,96	7,46	15,9	6,64	11,06	16,18

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 4 - Análise de variância das variáveis (MFPA, MSPA, NF, TCAMF, TCRMF, TCAMS e TCRMS) estudadas na cultura da couve chinesa no Experimento I

Fonte de variação	Teste F						
	MFPA	MSPA	NF	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS
Cew	52,11**	29,93**	5,79**	107,61**	6,07**	26,12**	2,91*
CV (%)	12,08	13,32	13,88	9,24	15,58	16,03	17,64

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 5 - Análise de variância das variáveis (TCANF, TCRNF, AF) estudadas na cultura da couve chinesa no Experimento I

Fonte de variação	Teste F		
	TCANF	TCRNF	AF
Cew	44,52**	2,37 ^{ns}	104,06**
CV (%)	12,29	25,22	14,34

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Análise de regressão aplicada aos conjuntos de dados (Figura 11 e 13) para a cultura do agrião e (Figura 12 e 14) para a cultura da couve chinesa mostrou que o aumento da salinidade da água reduziu linearmente as variáveis analisadas. Nesses casos, as reduções percentuais calculadas como a razão entre os coeficientes angular e linear (a/b) mostrou uma perda relativa com o aumento unitário da salinidade da água em dS m^{-1} de 11,67, 10,97, e 10%, para as variáveis AF, MFPA e MSPA para a cultura do agrião, respectivamente (Figura 11A, 11B e 11C). Resultados inferiores para a MFPA e MSPA foi encontrado por Gomes (2009) quando cultivou agrião ‘folha larga’ em sistema hidropônico NFT com águas salobras produzidas com NaCl variando entre 3,5 e 9,5 dS m^{-1} , no qual foi obtido uma perda percentual de 7,28 e 7,78%, respectivamente. O número de folhas não apresentou grande variação em função do aumento dos níveis salinos. Silva Júnior (2007) afirma que, o número de folhas nem sempre é uma variável ideal para indicar tolerância à salinidade isto porque a planta pode não ter seu número de folhas reduzido a apresentar redução em sua área foliar. Soares et al., (2010) trabalhando com alface verônica e seis diferentes quantidades de NaCl aplicados a solução

nutritiva não encontrou efeito sobre o número de folhas, porém existiu redução na massa foliar mediante redução no tamanho das folhas, mas não deixando de produzi-las.

Na cultura da couve chinesa as perdas por incremento unitário da salinidade da água para o número de folhas (NF) foi de 5,6%, já para a MFPA e MSPA os resultados de perdas por incremento unitário da salinidade da água foram de 13,86% e 12,63% respectivamente (Figura 12). Segundo Santos (2009) a variável MFPA teve uma perda por incremento unitário da salinidade da água de 15,75% para a cultura da alface AF-1743 utilizando águas salobras no preparo da solução e reposição do volume evapotranspirado. Paulus (2010) trabalhando com duas cultivares de alface, Verônica e Pira Roxa, com quatro níveis de salinidade da água produzida com NaCl, sendo o maior nível de salinidade da água de $7,43 \text{ dS m}^{-1}$, obteve resultados de 14,11 e 9,54% na redução da MFPA e 11,00 e 7,04% na redução da MSPA, para as duas cultivares respectivamente. A redução da biomassa fresca e seca está relacionada ao efeito osmótico da salinidade e ao suprimento inadequado de nutrientes devido a um desequilíbrio iônico provocado pelo excesso de íons Na^+ e Cl^- (MUNNS, 2002; ALBERICO & CRAMER, 1993; TESTER & DAVENPORT, 2003). A área foliar apresentou uma redução linear de 18% a cada incremento unitário da salinidade da água (Figura 14F).

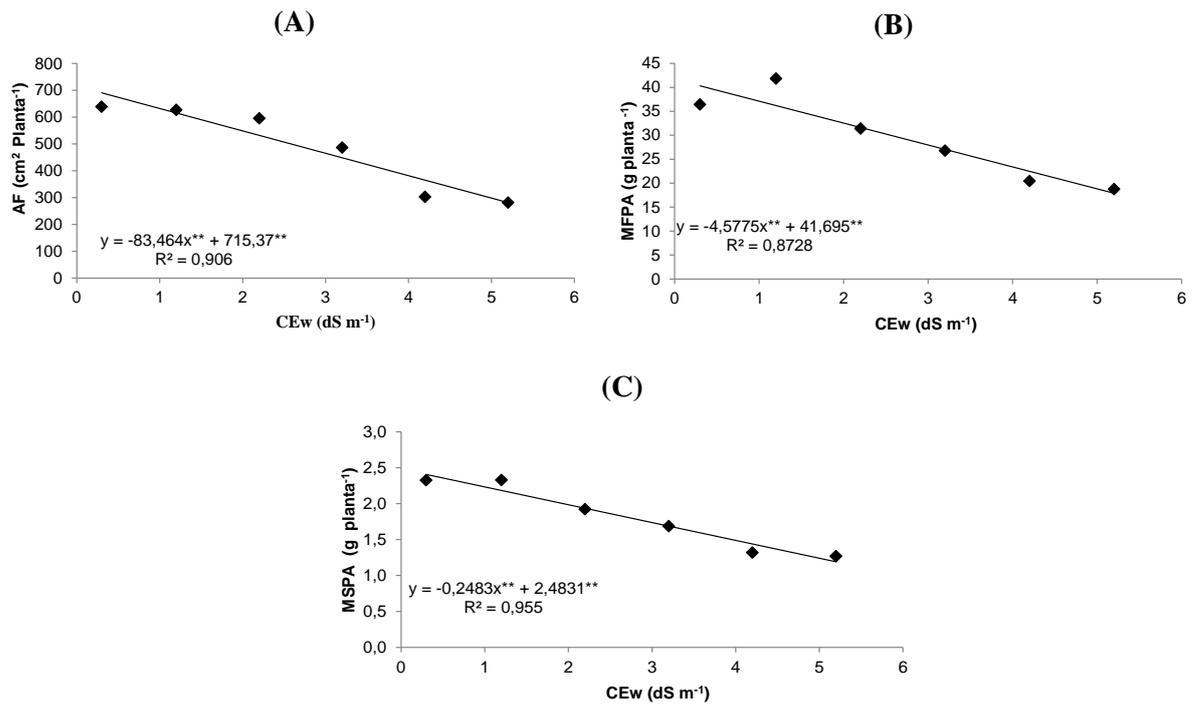


Figura 11. Análise de regressão aplicada a área foliar (A), massa fresca da parte aérea (B) e massa seca da parte aérea (C) em função dos níveis de salinidade da água (CEw) na cultura do agrião no Experimento I

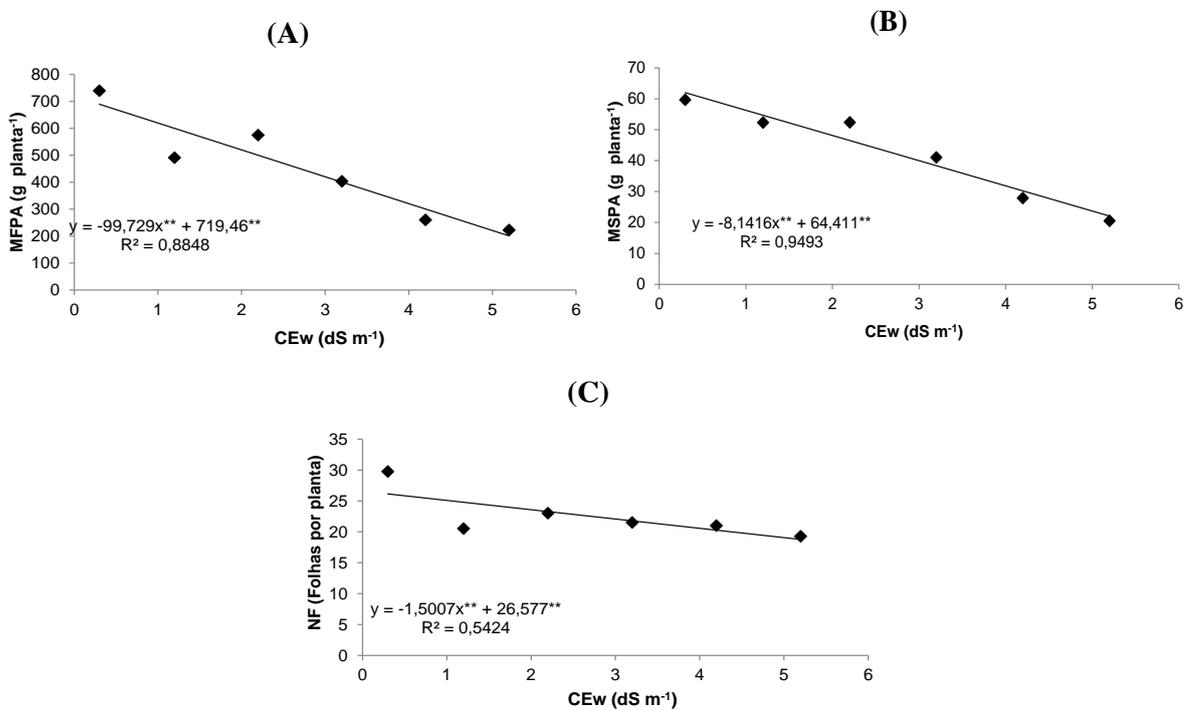


Figura 12. Análise de regressão aplicada a produção de massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B) e número de folhas (C) em função dos níveis de salinidade da água (CEw) na cultura da couve chinesa no Experimento I

A análise de regressão aplicada para as taxas de crescimento absoluto e relativo na cultura do agrião, mostrou que houve redução linear da ordem de 11,02% para TCAMF, 9,82% para TCAMS e 2,74% para TCRMS (Figura 13).

Para a cultura da couve chinesa foi encontrado uma redução linear de 14,68% para TCAMF, 7,72% para TCRMF, 13,56% para TCAMS, 6,26% para TCRMS e 11% para TCANF (Figura 14).

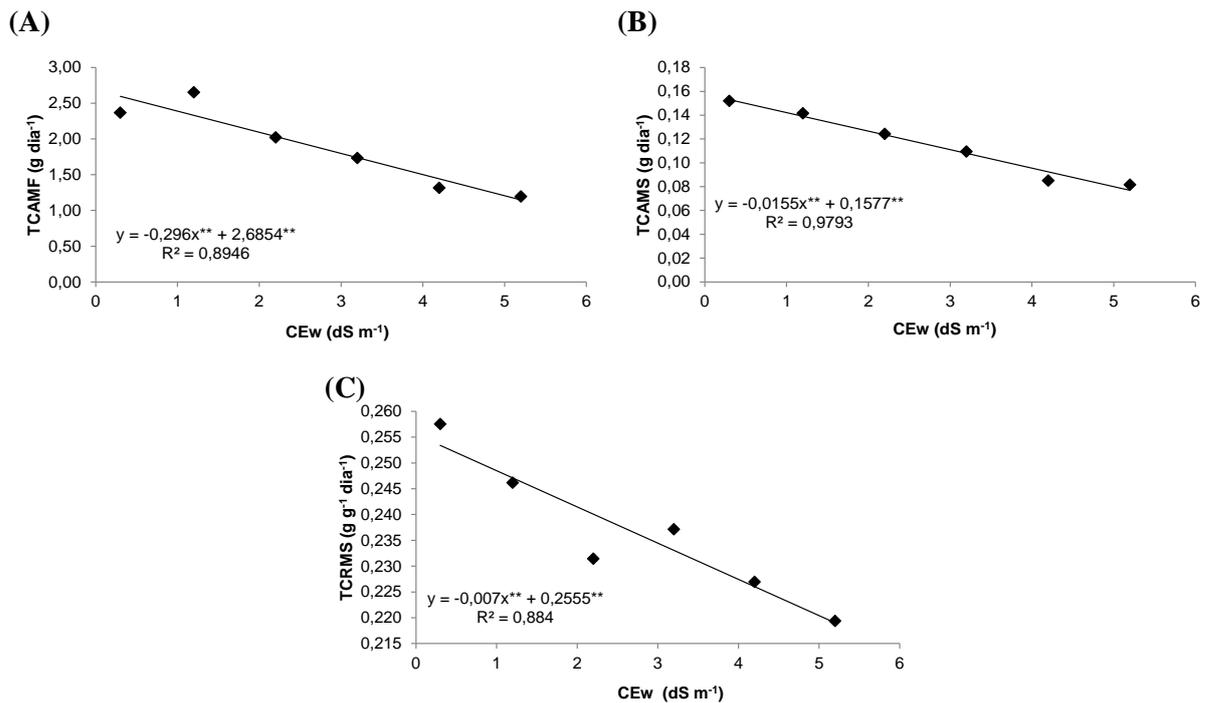


Figura 13. Análise de regressão aplicada a taxa de crescimento absoluto da massa fresca (A), taxa de crescimento absoluto da massa seca (B), taxa de crescimento relativo da massa seca (C) em função dos níveis de salinidade da água (CEw) na cultura do agrião no experimento I

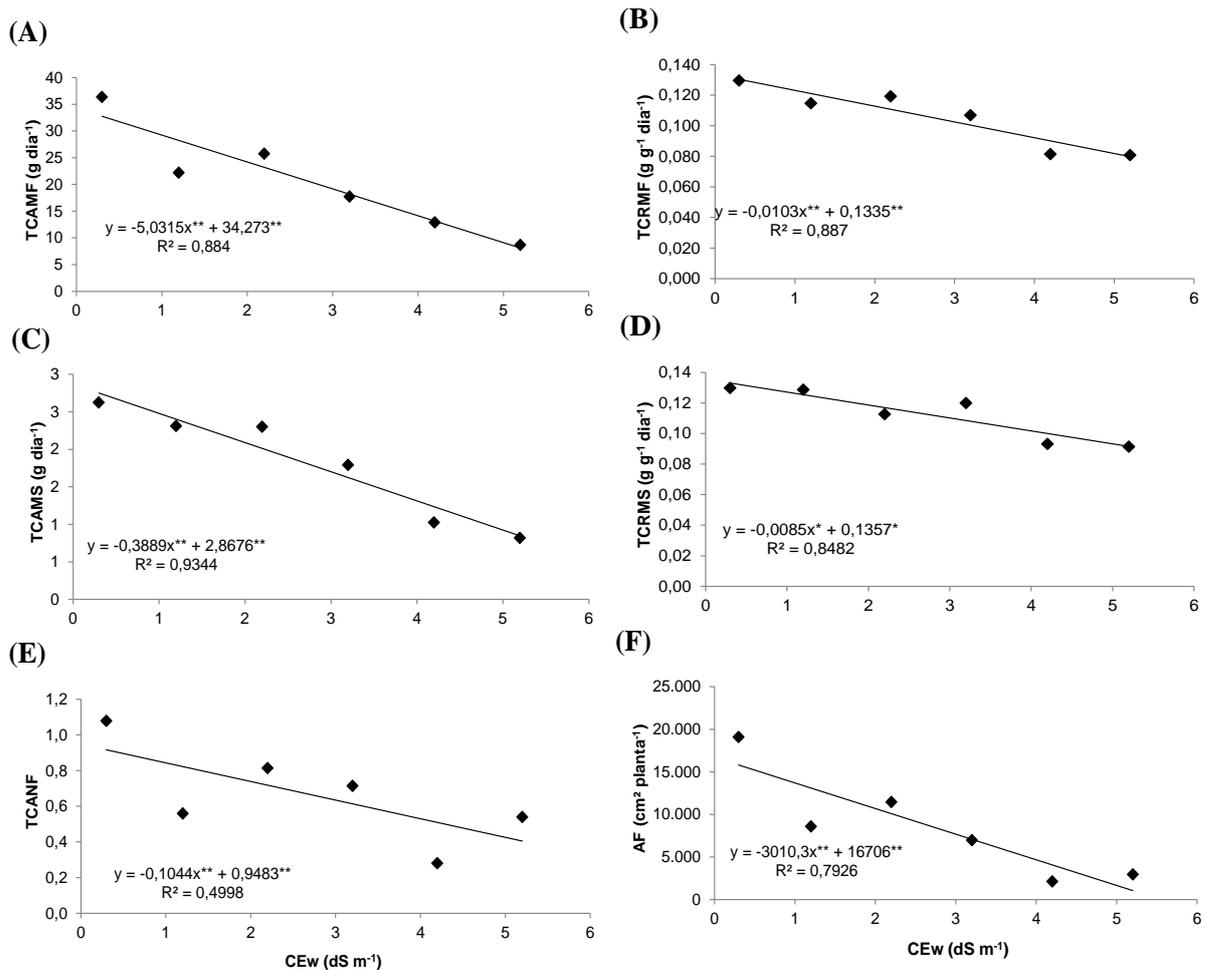


Figura 14. Análise de regressão aplicada a taxa de crescimento absoluto da massa fresca (A), taxa de crescimento relativo da massa fresca (B), taxa de crescimento absoluto da massa seca (C), taxa de crescimento relativo da massa seca (D), taxa de crescimento absoluto do número de folhas (E) e área foliar (F) em função dos níveis de salinidade da água (CEw) na cultura da couve chinesa no experimento I

Para a cultura do agrião não foi observado sintomas de toxidez e/ou deficiência na cultura, o único sintoma visível foi a tonalidade verde escura das folhas nos níveis mais altos de salinidade. A ausência desses sintomas, pode se tornar um ponto favorável para a produção de agrião, uma vez que os agricultores podem compensar a redução de produção ao aumentar a densidade de cultivo ou comercializar com mólhos (normalmente como se comercializa as hortaliças) com maior número de plantas. Isto é possível se a rentabilidade do agrião for alta (ALVES, 2011). Para a cultura da couve chinesa, observou-se visivelmente a diferenciação do tamanho das plantas em função dos níveis de salinidade da água, como também, aparecimento de sintomas de clorose e necrose na borda das folhas nas plantas já adultas. Ayers & Westcot (1999)

afirmam que os sintomas de necrose foliar pode ser atribuído a toxicidade do sódio, já a toxidez pelo cloreto segundo Läuchli e Epstein (1984) causa a queima do ápice das folhas e, em estágios avançados, atinge as bordas e promove a queda prematura nas culturas sensíveis.

4.2.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve Chinesa

Após análise estatística, observou-se que a variável consumo hídrico foi afetada pelos níveis de salinidade da água utilizada a nível de 1% de probabilidade, e após ajuste dos dados observou-se tendência decrescente com o aumento da salinidade da água (Figura 15).

Para ambas as culturas, observa-se que o efeito foi similar, para cada aumento unitário de salinidade da água (dS m^{-1}); o que pode representar um baixo consumo de água e/ou sais fertilizantes afetando diretamente a nutrição das plantas, o que será discutido posteriormente na avaliação nutricional.

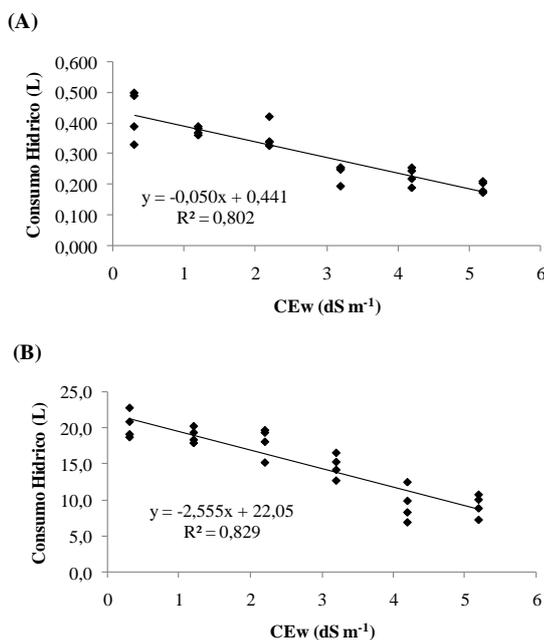


Figura 15. Gráfico de regressão e equação de ajuste da variável consumo hídrico por planta nas culturas de agrião (A) e couve chinesa (B), em função da salinidade da água do Experimento I

Na comparação da utilização das águas de melhor e pior qualidade do presente trabalho o consumo das plantas de agrião e couve chinesa pode representar a metade; apesar dos

resultados obtidos por Soares (2007) comentando que o sistema NFT promove maior disponibilidade de água às plantas, o que pode representar maiores respostas produtivas em condições salinas. O consumo hídrico é resultado de diversos fatores como, a temperatura do ambiente, o fotoperíodo, a área fotossintética da planta e o tipo de água que está sendo aplicada, ou seja, além de fatores da própria cultura, a região e o tipo de manejo é bastante importante para interferência nessa variável.

Epstein & Bloom (2006) reforçam que estresses ambientais frequentemente ocorrem em conjunto, como por exemplo, a salinidade pode induzir desidratação e a desidratação pode induzir ao estresse por aumento de temperatura e o aumento de temperatura pode induzir em deficiências de nutrientes (SANTOS, 2009).

4.2.4. Avaliação nutricional das culturas do Agrião e Couve Chinesa

Para a cultura do agrião, observa-se efeito significativo para a concentração dos íons cloreto, potássio e sódio do tecido vegetal em função da fonte de variação condutividade elétrica da água (Tabela 6). As concentrações de sódio e cloreto aumentaram com o aumento da salinidade da água, e resultado contrário para o íon potássio que diminuiu com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 16).

Tabela 6. Análise de variância para as variáveis repostas representadas pela concentração dos íons analisados para a cultura do agrião em função dos níveis de salinidade da água utilizada no Experimento I

Fonte de variação	Teste F					
	Ca	Cl	S	Mg	K	Na
CEw	0,71 ^{ns}	15,87 ^{**}	0,61 ^{ns}	0,88 ^{ns}	21,25 ^{**}	4,84 ^{**}
CV (%)	15,55	8,32	13,10	6,98	10,77	10,62

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Os resultados demonstram que para a cultura do agrião em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras em diferentes e/ou elevadas concentrações do sal NaCl, a concentração dos íons cálcio, enxofre e magnésio em tecido vegetal (parte aérea total) se mantiveram praticamente constantes, e que a partir de estratégias pode se conseguir que plantas em estresse salino absorvam ou mantenha certas concentrações de íons específicos.

Estes resultados da cultura do agrião evidenciam cada vez mais a ênfase de translocação e preferência de adsorção e fixação de alguns íons pelas plantas em tecido vegetal. Os efeitos secundários da salinidade incluem efeitos osmóticos e deficiência de nutrientes induzida pela competição do Na⁺ e do Cl⁻ com os demais nutrientes minerais durante o processo de absorção (LEVITT, 1980). O desequilíbrio das relações ótimas entre nutrientes também é prejudicado, mesmo quando a fonte de salinidade não tem íons tóxicos (SANTOS, 2009).

Para a cultura do couve chinesa, observa-se efeito significativo para a concentração dos íons cálcio, cloreto, magnésio, potássio e sódio do tecido vegetal em função dos níveis de salinidade da água (Tabela 7).

Tabela 7. Análise de variância para as variáveis repostas representadas pela concentração dos íons analisados para a cultura da couve chinesa em função dos níveis de salinidade da água utilizada no Experimento I

Fonte de variação	Teste F					
	Ca	Cl	S	Mg	K	Na
CEw	13,88**	9,18**	0,94 ^{ns}	20,96**	12,56**	11,25**
CV (%)	14,64	5,55	17,34	17,21	12,80	17,02

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

A partir dos resultados encontrados para a cultura da couve chinesa (Figura 17), demonstra-se que o acúmulo dos íons no tecido foliar variam em função da concentração de sais na solução nutritiva, que pode ter influência devido ao elevado período de exposição ao estresse, como também ser resultado da própria fisiologia da cultura.

O cloreto é absorvido facilmente pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração, e com sintomas de toxidez evidenciado nas plantas como a queima do ápice das folhas principalmente quando se atinge concentrações de 0,3 a 1,0% de cloreto, em base de peso seco das folhas.

Ao contrário dos sintomas de toxicidade do cloreto, que têm início no ápice das folhas, os sintomas do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas principalmente quando as concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e/ou alta proporção de sódio na água (SILVA JUNIOR, 2007).

Para a obtenção dos níveis salinos das águas, utilizou-se unicamente o sal NaCl em diferentes concentrações o que pode ter influenciado a absorção e acúmulo dos íons cloreto e sódio na planta em ambas as culturas, pois, as plantas apresentam maior absorção a partir da existência de elevadas concentrações, principalmente em meio aquoso.

Medeiros (2007) afirma que, a salinidade altera a nutrição mineral das culturas, reduzindo a disponibilidade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, ainda que a interação entre salinidade e nutrição mineral torna-se mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos.

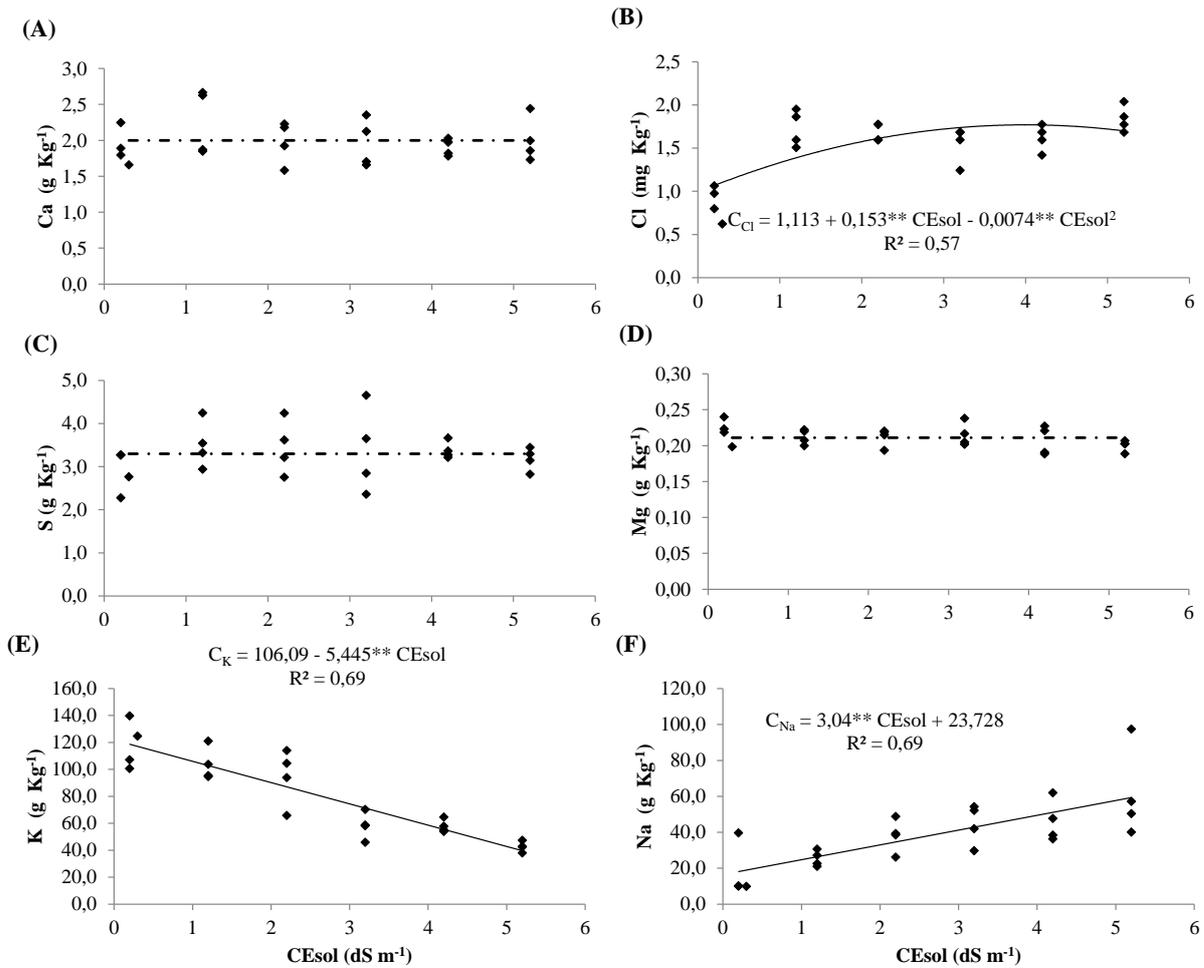


Figura 16. Gráfico de regressão e equação de ajuste das concentrações dos íons em tecido vegetal para a cultura do agrião, em função da salinidade da água no Experimento I

De maneira geral, nesse trabalho os diferentes níveis de salinidade influenciaram os acúmulos dos nutrientes nos tecidos vegetais, porém não foi possível constatar como deficiência e/ou excesso porque não existe na literatura padrões de exigência nutricional para ambas as culturas, principalmente no sistema hidropônico de produção, podendo de certa maneira explicar aspectos de deformação e necrose foliar.

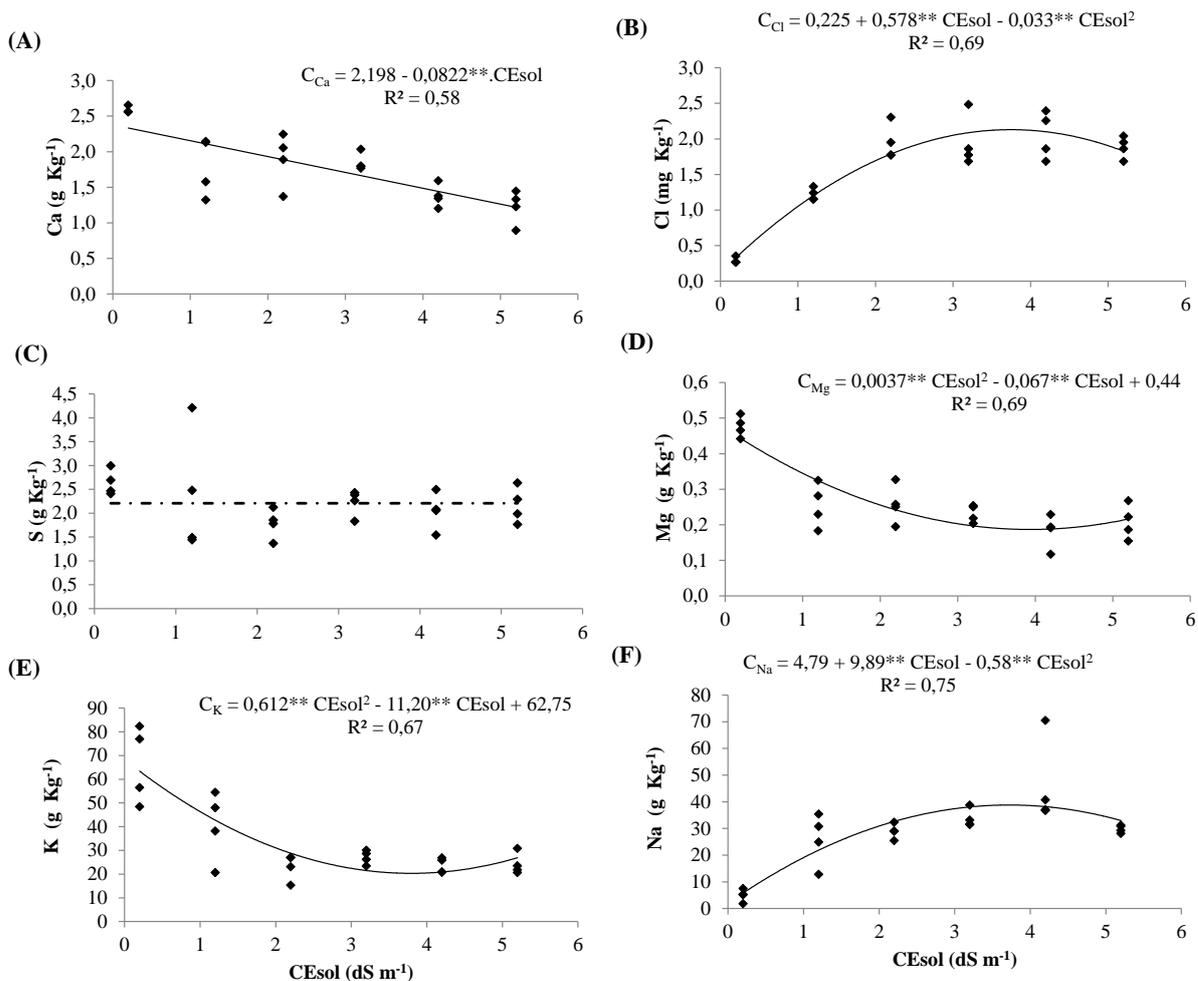


Figura 17. Gráfico de regressão e equação de ajuste das concentrações dos íons em tecido vegetal para a cultura da couve chinesa, em função da salinidade da água

4.3. Experimento II - Utilização de água salobra produzida através da simulação de diferentes poços para preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada

4.3.1. Monitoramento da solução nutritiva

Nas condições em que foi desenvolvido o experimento, ao utilizar águas salobras no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração nas culturas de agrião e couve chinesa, verificou-se que a salinização foi crescente, principalmente para os tratamentos mais salinos e reduzidos para o tratamento T1 devido ao consumo de sais da solução em que estava sendo repostada com água não salobra (Figura 18 e 19). A magnitude da

salinização da água para ambas as culturas foi mais elevada nos tratamentos com níveis de salinidade elevados, e mais expressivo na cultura da couve chinesa devido ao maior tempo de duração do ciclo e consequentemente um menor consumo de sais. Resultado este encontrado por Silva (2012) em alface, agrião e rúcula. Para este Experimento II, não foi realizada a reposição dos nutrientes (troca da solução nutritiva) para ambas as culturas.

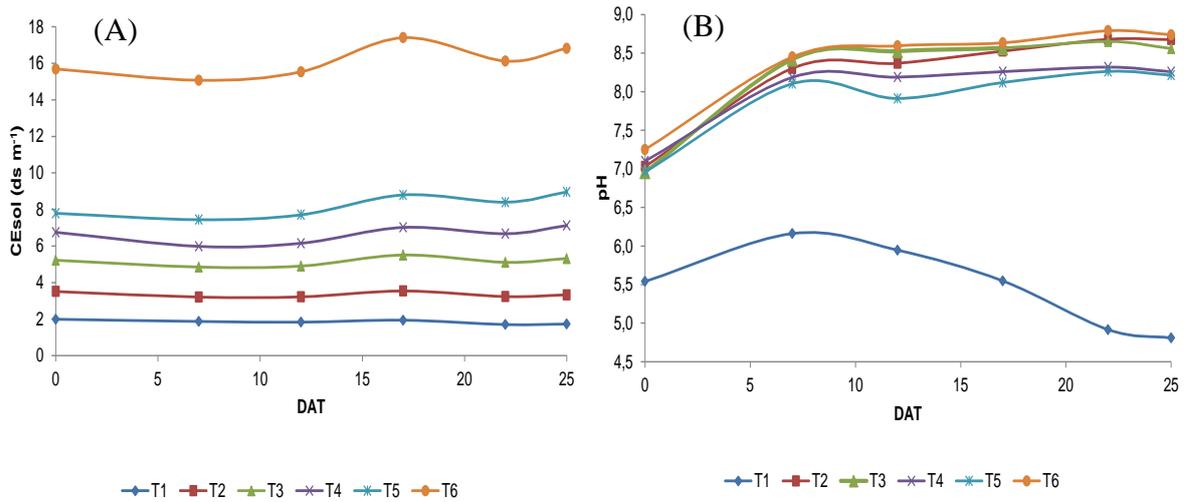


Figura 18. Condutividade elétrica (A) e pH (B) da solução nutritiva ao longo do Experimento II na cultura do agrião

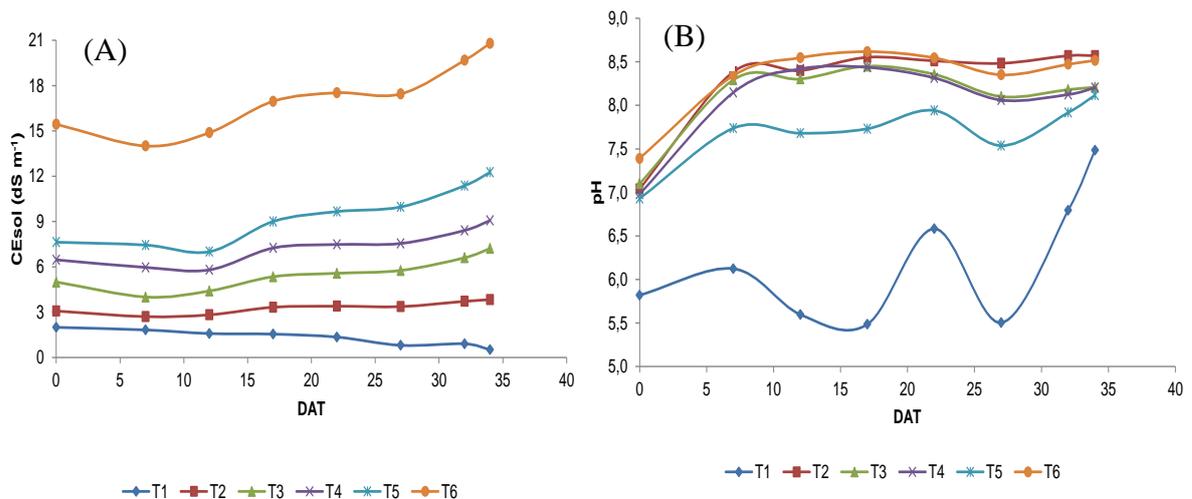


Figura 19. Condutividade elétrica (A) e pH (B) da solução nutritiva ao longo do Experimento II na cultura da couve chinesa

Para todos os poços analisados o pH da solução nutritiva desde o início do ciclo já estava fora do limite recomendado, apresentando valores superiores ao indicado, exceto para o T1 que no início do cultivo estava dentro da faixa adequada, tornando-se ácido durante o ciclo na produção do agrião e alcalino na produção da couve.

4.3.2. Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e Couve Chinesa

No experimento II observou-se que para ambas as culturas, agrião e couve chinesa, todas as variáveis analisadas sofreram efeito altamente significativo de acordo com a análise de variância (Tabela 8, 9 e 10).

Tabela 8 - Análise de variância das variáveis estudadas na cultura do agrião no Experimento II

Fonte de variação	Teste F					
	MFPA	MSPA	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS
Trat.	72,91**	29,35**	12,51**	21,57**	37,94**	14,10**
CV (%)	12,07	20,60	27,80	13,96	17,17	17,44

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 9 - Análise de variância das variáveis (MFPA, MSPA, NF, TCAMF, TCRMF, TCAMS e TCRMS) estudadas na cultura da couve chinesa no experimento II

Fonte de variação	Teste F						
	MFPA	MSPA	NF	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS
Trat.	1695,66**	318,12**	28,22**	1889,54**	6,54**	203,59**	5,60**
CV (%)	6,91	9,05	14,35	7,10	17,38	11,40	18,28

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 10 - Análise de variância das variáveis (TCANF, TCRNF e AF) estudadas na cultura da couve chinesa no experimento II

Fonte de variação	Teste F		
	TCANF	TCRNF	AF
Trat.	19,79**	20,07**	33,92**
CV (%)	22,93	17,12	44,03

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Na cultura do agrião foi verificado que a MFPA e MSPA obteve valores médios variando entre 12,58 - 0,397g e 1,357 - 0,055g respectivamente, em função da utilização da água de diferentes poços. Apesar da Testemunha (T1) apresentar uma maior média de MFPA,

não foi observada diferença estatística entre a mesma e a utilização da água do Poço da Agrovila 8 (T4), porém, os demais tratamentos diferiram da Testemunha (T1) (Figura 20A). Para a MSPA a utilização da água Poço da Pousada (T3), Poço da Agrovila 8 (T4) e Poço da Fazenda Bruaquinha (T5) não apresentaram diferença quando comparado a Testemunha (T1), o Poço do Sítio Angico diferiu de todos os tratamentos (Figura 20B). Silva (2012), trabalhando com agrião seco ‘Folha Larga’ e com sete diferentes tipos de água sendo um tratamento testemunha e os outros seis com águas salobras, obteve uma MFPA e MSPA variando entre 18 - 61g e 5,1 - 1,7g, respectivamente.

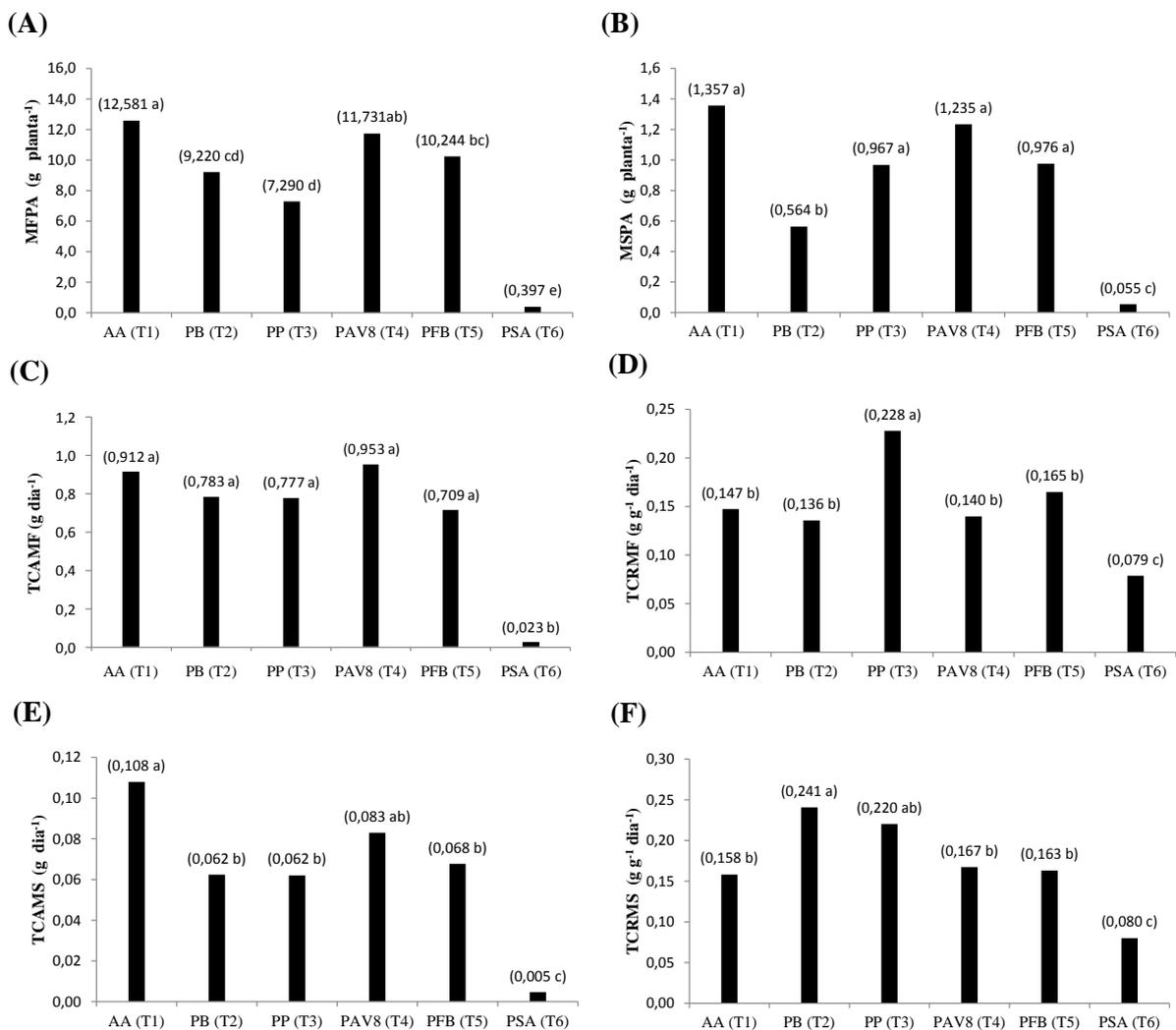


Figura 20. Teste de comparação de médias aplicada a Massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B), Taxa de crescimento absoluto da massa fresca (C), Taxa de crescimento relativo da massa fresca (D), Taxa de crescimento absoluto da massa seca (E), Taxa de crescimento de massa seca (F) em função do tipo de água de diferentes poços para a cultura do agrião no experimento II

Em se tratando das taxas de crescimento absoluto e relativo na cultura do agrião pôde-se observar que, para a TCAMF o Poço do Sítio Angico (T6) diferiu dos demais (Figura 20C), já para a TCRMF o Poço da Pousada apresentou maior média diferenciando dos demais tratamentos. A utilização da água do Poço da Agrovila 8 não diferiu da Testemunha (T1) para a variável TCAMS (Figura 20E).

Para a cultura da couve chinesa observou-se que os valores médios de MFPA encontrada variam entre 986,96 – 3,25g em função da utilização da água de diferentes poços. A testemunha apresentou maior média de MFPA diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 21A). Para a couve chinesa a variável MSPA no presente estudo foi encontrados valores entre 44,51 – 0,55g. Os tratamentos Poço da Pousada (T3) e Poço da Agrovila 8 (T4) não diferiram entre si estatisticamente. A testemunha (T1) diferiu de todos os demais tratamentos, assim como o poço sítio angico (T6) que também diferiu dos demais apresentando menor resultado para a variável MSPA (Figura 21C).

Santos (2009) trabalhando com alface cv. "Vera" e com cinco diferentes poços não registrou diferença estatística sobre os dados de MFPA e MSPA na produção da alface, porém, no citado trabalho foram ajustado os níveis de salinidade das águas dos poços para que todos tivessem o mesmo valor, qual seja, 2,2 dS m⁻¹ (valor do poço com menor CE), proporcionando desta forma uma diluição dos sais que ficaram na faixa aceitável ao desenvolvimento das plantas. Silva (2012) encontrou valores entre 78 e 210 para MFPA e 6,0 à 12,4g para a MSPA quando utilizou seis tipos diferentes de águas salobras na cultura a alface Vera.

O número de folhas (NF) no presente estudo variou entre 30,25 e 7,25. Não existindo diferença estatística entre (T1) e Poço do Boi (T2). O poço do sítio angico (T6) diferiu de todos os tratamentos e obteve menor número de folhas com resultado de 7,25. Gualberto et al. (2009) trabalhando com alface crespa verônica em cultivo hidropônico obtiveram um resultado médio de 16,6 folhas.

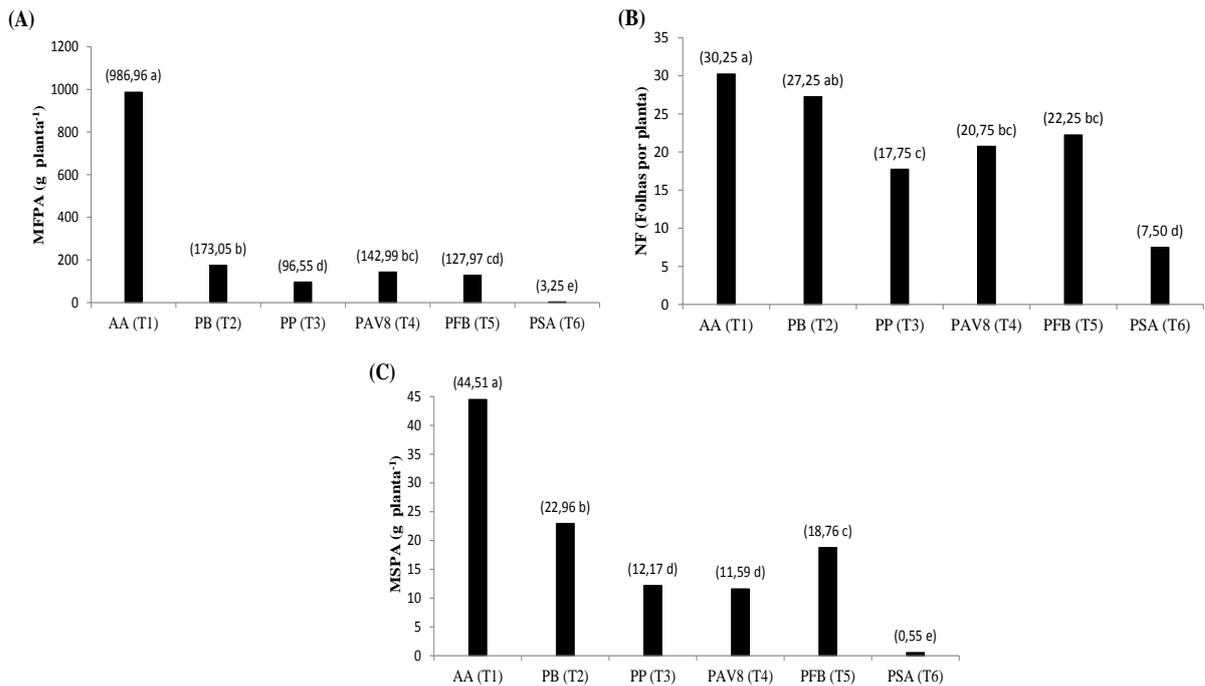


Figura 21. Teste de comparação de médias aplicada a massa fresca da parte aérea (A), número de folhas (B) e massa seca da parte aérea (C) em função do tipo de água de diferentes poços para a cultura da couve chinesa no experimento II

As taxas de crescimento absoluto e relativo e a área foliar (AF) para a cultura da couve chinesa estão descritas na Figura 22. Observou-se que houve diferença estatística entre os tipos de água dos diferentes poços para as variáveis TCAMF e TCAMS quando comparados a testemunha que apresentou maior resultado (Figuras 22A e 22C). Para a TCRMF e TCRMS apenas o Poço do Sítio Angico (T6) diferiu dos demais tratamentos exceto para variável TCRMS, no qual o Poço do Sítio Angico (T6) não diferiu do Poço da Pousada (T3) (Figuras 22B e 22D). A TCANF não apresentou diferença estatística entre o poço do boi (T2) e o poço da fazenda bruaquinha (T5) quando comparados com a testemunha, o poço do sítio angico (T6) diferiu dos demais tratamentos (Figura 22E). Resultado semelhante a este último foi observado para TCRNF, no qual o T4 não diferenciou do T2, T5 e T1. Para AF encontrou-se um valor entre 22700,02 à 2069,52 cm² por planta, observou-se que não houve diferença estatística entre os diferentes tipos de águas salobras subterrâneas, apenas o tratamento testemunha diferiu dos demais apresentando o maior valor de AF (Figura 22G). Bresler et al., (1982) já afirmava que plantas afetadas pela salinidade apresentam folhas menores e de coloração mais escura e mais espessas, podendo apresentar clorose e necrose além de redução no tamanho dos frutos.

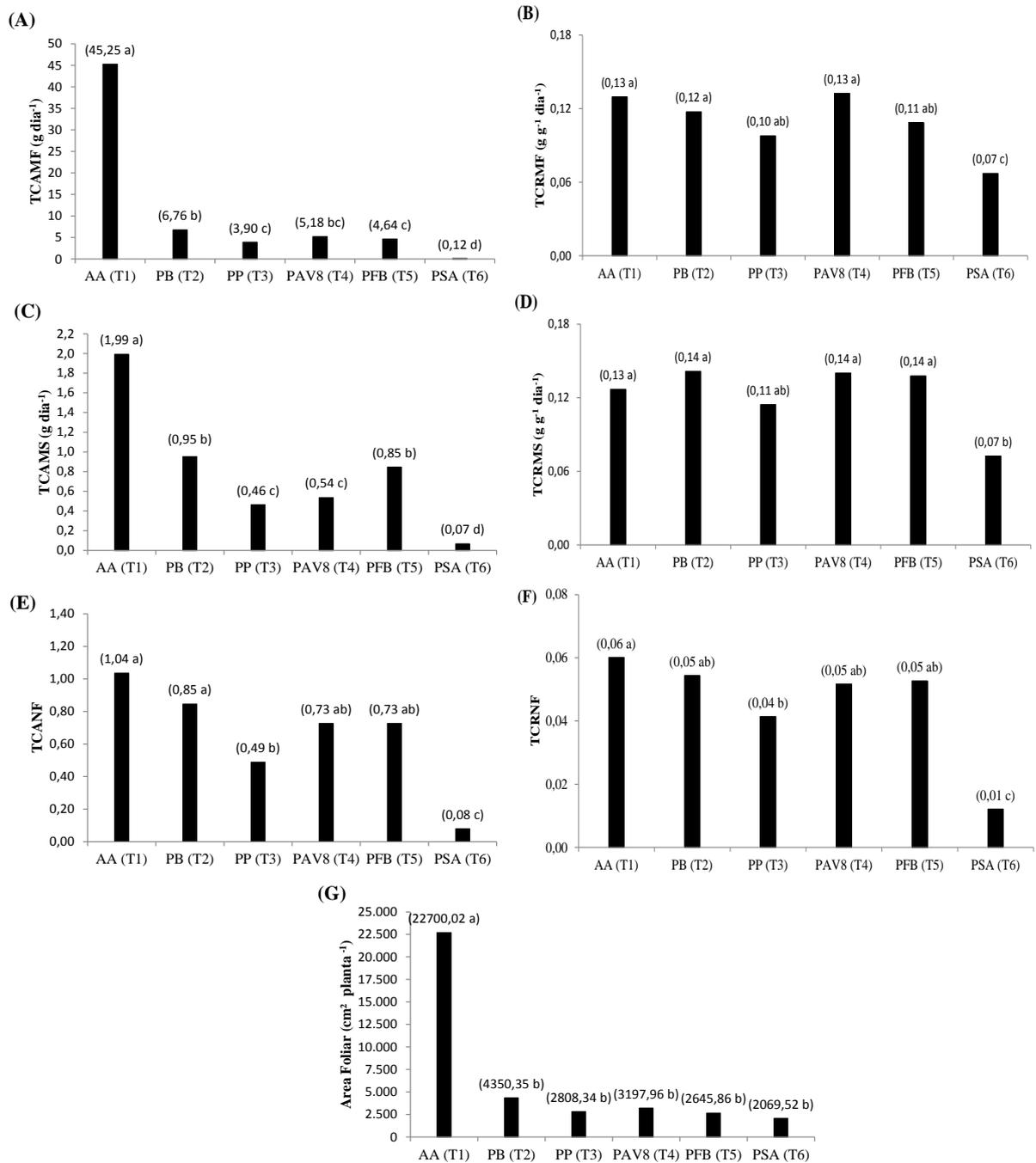


Figura 22. Teste de comparação de médias aplicada a taxa de crescimento absoluto da massa fresca (A), taxa de crescimento relativo da massa fresca (B), taxa de crescimento absoluto da massa seca (C), taxa de crescimento relativo da massa seca (D), taxa de crescimento absoluto do número de folhas (E), taxa de crescimento relativo do número de folhas (F) e área foliar (G) em função do tipo de água de diferentes poços para a cultura da couve chinesa no experimento II

Para ambas as culturas (agrião e couve chinesa), observou-se diferenças no tamanho das plantas em função dos diferentes tipos de águas subterrâneas salobras, sendo as plantas submetidas aos maiores níveis de sais aquelas que obtiveram as maiores reduções. Na cultura do agrião nos tratamentos as plantas apresentaram coloração escura (arroxeada) na nervura central (o que pode ser atribuído a deficiência de ferro) e folhas mais espessas, o que difere do trabalho de Silva (2012) no qual, não foi constatado variação na cor das folhas e tão pouco nanismo, para experimento realizado com agrião ‘folha larga’ seco com seis diferentes tipos de água utilizadas para o preparo da solução nutritiva e lâmina evapotranspirada.

Para a cultura da couve chinesa foram visualizados sintomas de toxidez nas plantas submetidas às diferentes águas salobras, apresentando folhas com clorose e necrose na bordadura, e as plantas submetidas ao tratamento poço da fazenda bruaquinha (T5) apresentaram algumas folhas com coloração escura (arroxeada).

4.3.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve chinesa

Estatisticamente, observa-se que o consumo hídrico não difere quando se utiliza águas de poços quando comparada a uma água de melhor qualidade, em exceção quando esta água de qualidade inferior apresentar uma condutividade elétrica muito elevada, como também, a concentração dos demais íons compositores, para a cultura do agrião (Figura 23A).

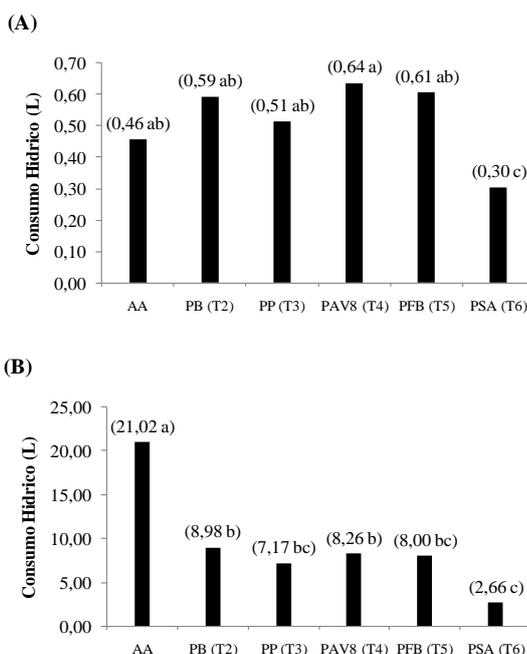


Figura 23. Representação do consumo hídrico por planta nas culturas agrião (A) e couve chinesa (B), em função do tipo de água de poço no experimento II

Para a cultura da couve chinesa, que apresenta um elevado consumo hídrico individual e um tempo bastante expressivo de duração do ciclo, observa-se que as plantas cultivadas com água de melhor qualidade teve um elevado consumo quando comparado com águas de pior qualidade (águas de poços salinos), e para a utilização das águas de poços salinos estas não diferiram estatisticamente, em exceção novamente quando esta água tem uma elevada condutividade elétrica (Figura 23B).

Culturas de ciclo mais longo tem um período de estresses mais longo, podendo acarretar em danos mais severos, em que elevadas concentrações de íons podem acarretar na diminuição de abertura de estômatos e disfunção hídrica.

Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver a determinados níveis de salinidade, o fato é que quanto maior a salinidade mais rápida a planta irá entrar em condições de estresse salino, provocando o fechamento dos estômatos, reduzindo a fotossíntese e diminuindo a translocação de nutrientes da raiz para parte aérea (SILVA, 2002).

4.3.4. Avaliação nutricional das culturas do Agrião e Couve Chinesa

Estatisticamente, em ambas as culturas observou-se efeito significativo para todos os íons analisados ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas 11 e 12). Tal resultado refere-se a concentração dos íons em tecido vegetal (parte aérea total) de ambas as culturas, e que devido a composição dos outros íons existentes nas águas salobras subterrâneas, o efeito de potencializou diferentemente do discutido anteriormente.

Tabela 11. Análise de variância para as variáveis repostas representadas pela concentração dos íons analisados para a cultura do agrião em função da utilização de águas subterrâneas salobras no experimento II

Fonte de variação	Teste F					
	Ca	Cl	S	Mg	K	Na
CEw	33,42**	14,03**	17,83**	57,98**	6,11**	15,90**
CV (%)	14,43	8,98	15,36	18,09	9,42	8,44

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Para a cultura do agrião, em relação ao íon cálcio as maiores concentrações foram registradas para os tratamentos Poço da pousada (T3), Poço da agrovila 8 (T4) e Poço da fazenda bruaquinha (T5), explicitamente as águas de continham as maiores concentrações do respectivo íon. Em relação ao magnésio e sódio, observa-se o mesmo resultado para o tratamento T6. Para o íon potássio, apesar do tratamento T2 ter uma elevada concentração, a acumulação nas plantas não diferiu entre os tratamentos: Testemunha (T1), Poço do boi (T2), Poço da pousada (T3), Poço da agrovila 8 (T4) e Poço da fazenda bruaquinha (T5); sendo que para o tratamento (T6) Poço do sítio angico com mediana concentração de potássio entre os demais as plantas tiveram uma baixa acumulação deste no tecido vegetal. O íon cloreto observa-se uma elevada absorção para os tratamentos Poço do sítio angico (T6), Poço da fazenda bruaquinha (T5), Poço da agrovila 8 (T4) e Poço da pousada (T3), exemplificando novamente que estas elevadas absorções deve-se as elevadas concentrações oriundas das próprias águas (Figura 24).

Tabela 12. Análise de variância para as variáveis repostas representadas pela concentração dos íons analisados para a cultura da couve chinesa em função da utilização de águas subterrâneas salobras no experimento II

Fonte de variação	teste F					
	Ca	Cl	S	Mg	K	Na
CEw	44,59**	204,18**	9,62**	75,93**	21,93**	28,60**
CV (%)	13,45	19,67	15,44	15,93	13,72	10,27

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

As vezes a concentração de sais existente em determinado tipo de água não é capaz de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, concentrações elevadas de diversos íons simultaneamente podem provocar interferências indiretas na absorção adequada de nutrientes pelas plantas.

Alguns aspectos podem influenciar diretamente a adsorção de íons por parte das plantas, como por exemplo, tipo de sistema de produção, qualidade da água, fatores de estresses, estágio de desenvolvimento, a fisiologia vegetal, a cultivar, temperatura do ar, temperatura da água, luminosidade, época de plantio, umidade relativa, sistema de condução das plantas, espaçamento, tipo de fertilização, praticas culturais (MALAVOLTA et al., 1997).

O uso de água salobra pode provocar enormes e significativas variações na relação entre potássio, cálcio e magnésio em concentração nos tecidos vegetais e intensificando-se em plantas pouco tolerantes aos sais, o que explica alguns aspectos desenvolvidos de adaptação a

meios salinos criados pelas plantas; mostrando que os maiores efeitos nutricionais oriundos do uso de águas salobras em sistemas hidropônicos são aqueles associados à nutrição catiônica.

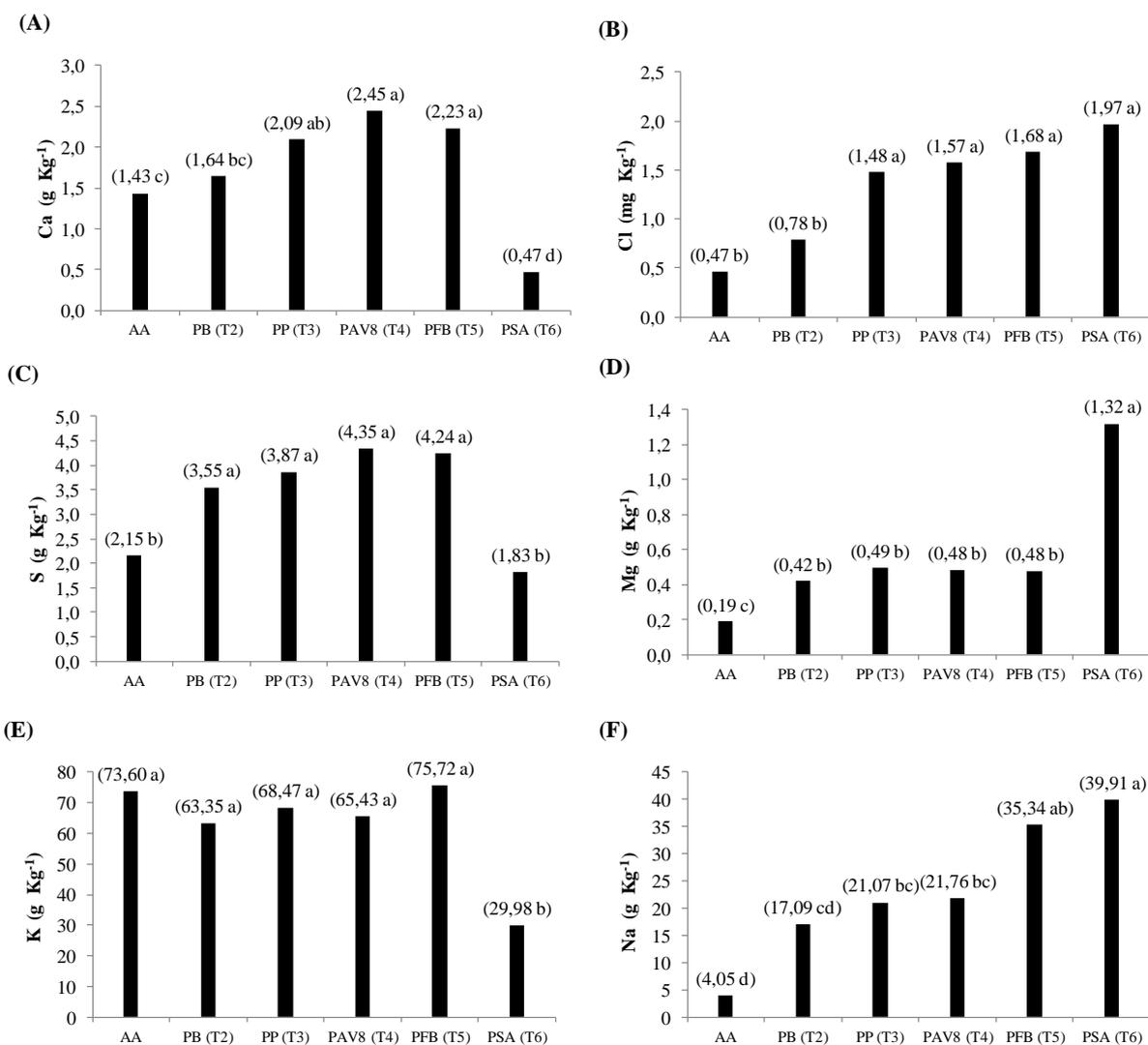


Figura 24. Teste de comparação de médias para concentração dos íons do tecido vegetal para a cultura do agrião em função do tipo de água salobra no experimento II

Para a cultura da couve chinesa (Figura 25), o íon cálcio teve uma elevada absorção na Testemunha quando comparado com os outros tratamentos, apesar do respectivo tratamento conter uma baixa concentração. Nos íons de magnésio e sódio ocorreu elevada absorção para os tratamentos que continham elevadas concentrações. Para o íon potássio ocorre fenômeno inverso dos demais, elevada absorção em águas que continham baixas concentrações e vice-

versa. E em relação ao íon cloreto, observa-se baixa absorção por se tratar de um íon tóxico para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

Em geral, referindo-se aos íons tóxicos sódio e cloreto, estes apresentaram baixa absorção para o tratamento com água de qualidade (T1), para ambas as culturas o que indica que a recomendação de nutrição para hidroponia em folhosas realmente encontra-se em concentrações aceitáveis e seletivas para as plantas; o que não conclui a necessidade de novas pesquisas afim de determinar e/ou testar novas formulações mais regionais/locais para hidroponia em ambiente protegido e a céu aberto.

E em relação ao tratamento Poço do sítio angico (T6) (água subterrânea de menor qualidade), no geral, observou-se elevada absorção dos íons sódio, magnésio e cloreto para ambas as culturas, indicando que elevadas concentrações já oriunda da própria água poderá ocasionar distúrbios fisiológicos devido a antagonismos de adsorção para os mesmos sítios a nível celular.

Lembrando que no caso da hidroponia, a solução é o meio mais importante do sistema em que estão localizados os nutrientes a se tornarem disponíveis as plantas, porém altamente modificável em relação a sua composição e qualidade, por interferências do agricultor, pela extração de nutrientes pelas plantas, efeito degradativo dos raios solares, contaminação com outro tipo de água, etc.

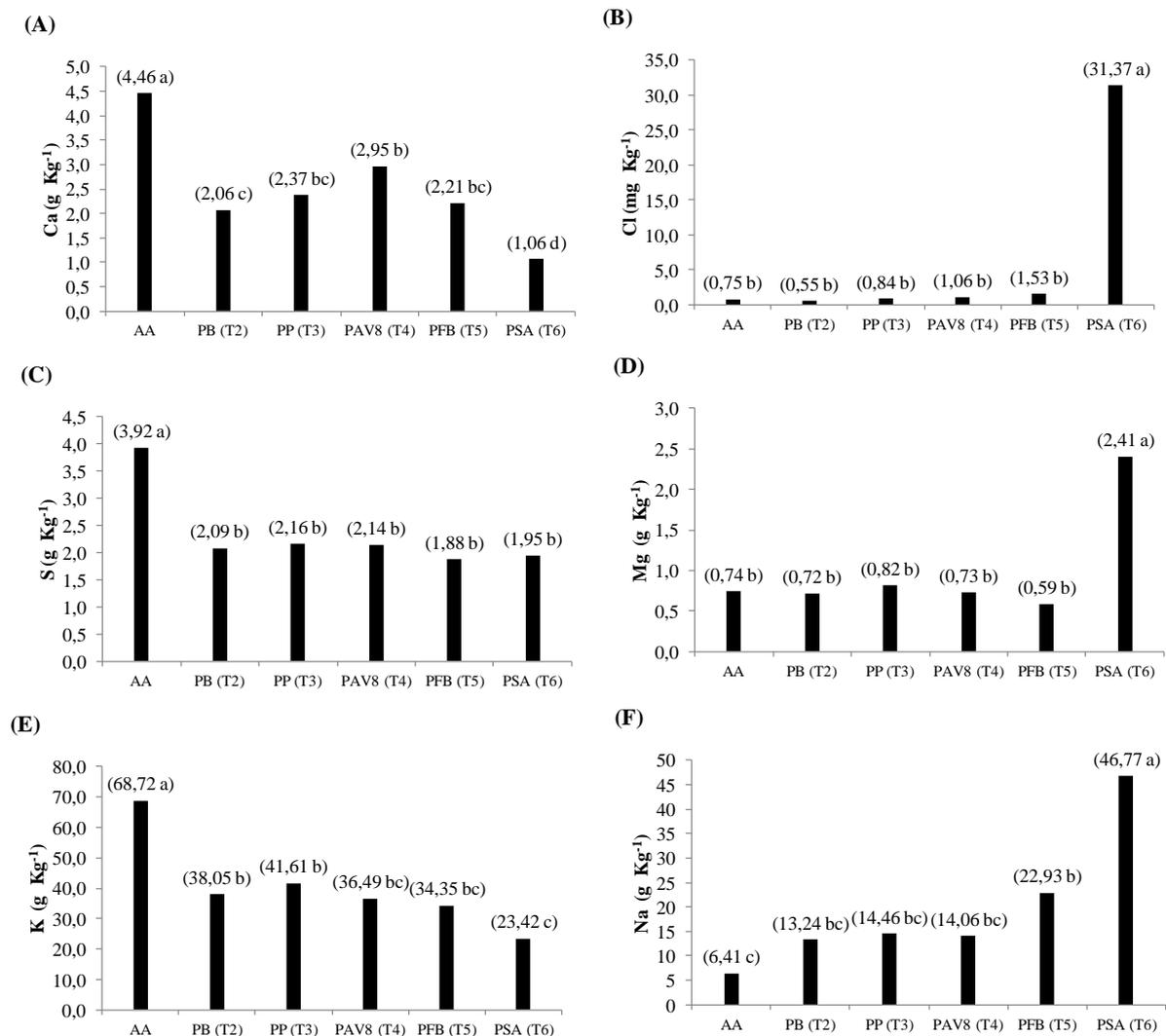


Figura 25. Teste de comparação de médias aplicada a concentração dos íons do tecido vegetal para a cultura da couve chinesa em função da água salobra subterrânea no experimento II

Tornando-se indispensável à elaboração de pesquisas que têm evidência o efeito negativo dos íons que contribuem para a salinidade da água (principalmente Na e Cl) sobre processos fisiológicos importantes para o crescimento das plantas, induzindo a condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

4.4. Experimento III - Utilização de água salobra produzida através da simulação de diferentes poços para o preparo e reposição com água doce na cultura do Agrião e Couve chinesa

4.4.1. Monitoramento da solução nutritiva

Para fins de estratégias de uso, em relação à qualidade de água disponível ao agricultor localizado na região semiárida nordestina, a partir da execução do experimento III, observou-se diminuição da salinidade da água no decorrer do ciclo para ambas as culturas (Figuras 26 e 27). Observa-se novamente o aspecto do baixo consumo de sais por parte da cultura da couve chinesa, que para um ciclo prolongado um pequeno decréscimo da condutividade elétrica final, em que tal decréscimo pode ser verificado para a cultura do agrião para um tempo de ciclo bastante inferior.

Para fins de utilização, observa-se que tal estratégia é possível de se desenvolver, se lembrarmos que os sais fertilizantes recomendados a nutrição vegetal tem a capacidade de elevar a salinidade em 2 dS m^{-1} . Novamente para este experimento, não foi realizada a reposição dos nutrientes (troca da solução nutritiva) para a cultura do agrião, porém para a produção da couve chinesa realizou-se troca da solução nutritiva para o tratamento 1 aproximadamente aos 32 DAT, visto que a condutividade elétrica da solução estava em torno de 1 dS m^{-1} .

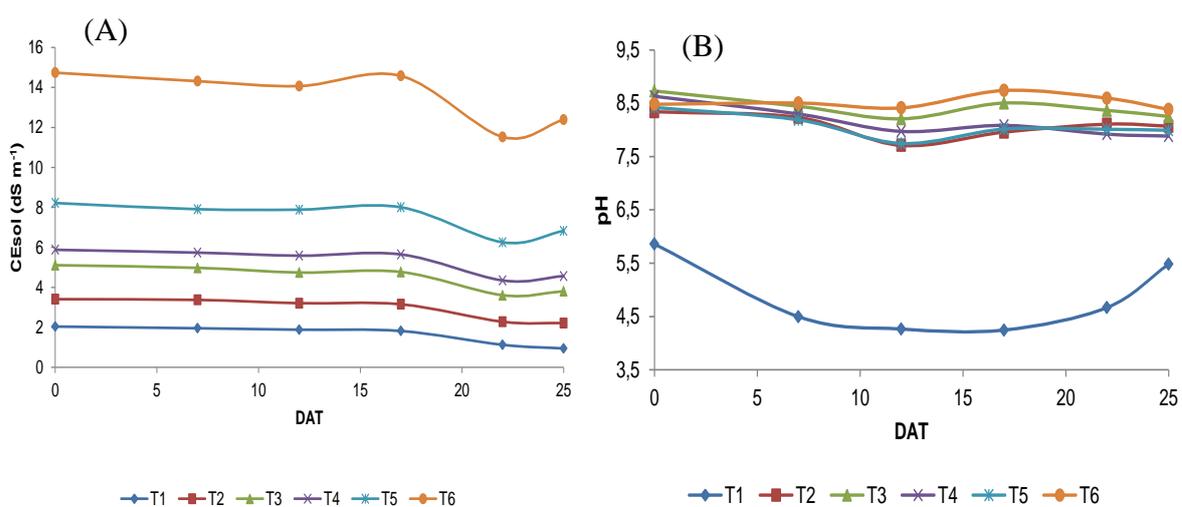


Figura 26. Condutividade elétrica (A) e pH (B) da solução nutritiva ao longo do Experimento III na cultura do agrião

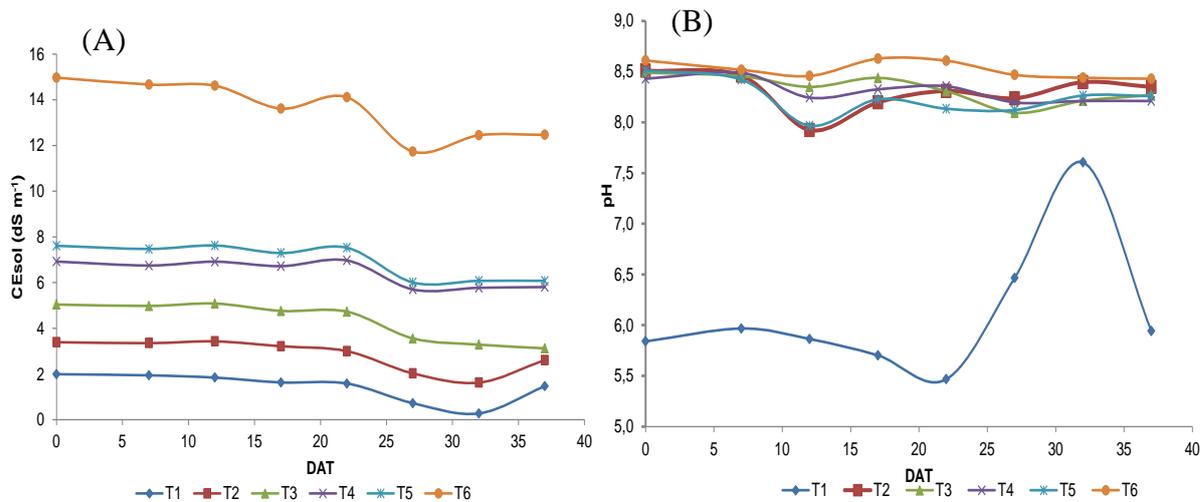


Figura 27. Condutividade elétrica (A) e pH (B) da solução nutritiva ao longo do Experimento III na cultura da couve chinesa

Em relação ao pH, com exceção do tratamento (T1), todos os demais se encontram alcalinos, e se mantiveram nesta faixa até o final do ciclo, fora da faixa adequada para ambas as culturas, e que tal efeito pode ser observado, na parte de análise nutricional da parte aérea já que o pH tem efeito direto na absorção de nutrientes pela cultura.

4.4.2 Crescimento e rendimento das culturas do Agrião e Couve Chinesa

Conforme a análise de variância observou-se para a cultura do agrião todas as variáveis analisadas promoveram efeito altamente significativo, exceto para a TCRMF (Tabela 13). Para a couve chinesa a análise de variância (Tabela 14 e 15) mostrou que todas as variáveis analisadas apresentaram significância a 1% de probabilidade.

Tabela 13 - Análise de variância das variáveis estudadas do agrião no Experimento III

Fonte de variação	Teste F						
	MFPA	MSPA	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS	AF
Trat.	119,31**	189,14**	59,23**	0,88 ^{ns}	93,39**	26,36**	40,79**
CV (%)	10,76	8,89	14,36	18,85	13,24	11,5	22,62

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 14 - Análise de variância das variáveis (MFPA, MSPA, NF, TCAMF, TCRMF, TCAMS e TCRMS) estudadas na cultura da couve chinesa no experimento III

Fonte de variação	Teste F						
	MFPA	MSPA	NF	TCAMF	TCRMF	TCAMS	TCRMS
Trat.	81,37**	54,19**	52,25**	181,20**	25,51**	50,96**	25,46**
CV (%)	14,80	17,50	8,45	10,57	10,88	18,18	13,91

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Tabela 15 - Análise de variância das variáveis (TCANF, TCRNF e AF) estudadas na cultura da couve chinesa no experimento III

Fonte de variação	Teste F		
	TCANF	TCRNF	AF
Trat.	10,18**	3,69**	68,21*
CV (%)	21,7	17,11	15,63

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo

Na análise de comparação de médias, verificou-se que para o agrião a média da MFPA não apresentou diferença estatística entre o tratamento Poço do Boi (T2) e o tratamento Testemunha (T1), já o Poço da Pousada (T3) e o tratamento Poço da Agrovila 8 (T4) não diferiram entre si, mas diferiram dos demais, o tratamento Poço do Sítio angico (T6) diferiu de todos os outros (Figura 28A). Resultado semelhante a MFPA foi encontrado para MSPA (Figura 28B) com valores médios variando entre 35,70 – 1,59g e 2,70 – 0,064g respectivamente.

Valores inferiores de MFPA e MSPA foram obtidos no Experimento II trabalhando com águas de diferentes localidades sendo estas utilizadas no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração. Alves et al. (2011), pesquisando o cultivo hidropônico do agrião AF-238, utilizando água salinizada com NaCl no preparo da solução nutritiva, também encontraram maiores produções quando se utilizou água doce para reposição da evapotranspiração comparado com reposição de água salobra.

Ainda para a cultura do agrião, a TCAMF variou entre 11,853 e 0,774 g dia⁻¹ nesta análise, verificou-se que apenas o tratamento poço do sitio angico (T6) foi estatisticamente diferente de todos os outros (Figura 28C). Já a TCRMF variou entre 0,228 – 0,179g g⁻¹ dia⁻¹, porém, não houve diferença da testemunha com os demais tratamentos. (Figura 28D). Para a TCAMS e TCRMS (Figura 28E e 28F) observou-se que o poço do sitio angico (T6) apresentou diferença quando comparado aos demais tratamentos, para a TCAMS verificou-se

que o tratamento poço do boi (T2) não apresentou diferença estatística em relação à testemunha; o poço da agrovila 8 (T4) e poço da fazenda bruaquinha (T5) não diferiram entre si. De acordo com Larcher (2004) através da taxa de crescimento pode-se avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta de superá-lo. Para Neumann (1997) até as espécies tolerantes apresentam redução no crescimento em presença de altos níveis salinos, porém, quando submetidas a igual concentração salina, as plantas mais tolerantes apresentam maiores taxas de crescimento do que as mais sensíveis.

A comparação de médias realizada para área foliar do agrião mostrou que a testemunha diferiu de todos os demais tratamentos apresentando uma maior média de AF 886,805 cm² por planta, já o tratamento poço do boi (T2) não diferiu do poço da pousada (T3), mas diferiu dos demais, o poço da agrovila 8 (T4) não diferiu do poço da pousada (T3) e nem do poço da fazenda bruaquinha (T5) e o poço do sitio angico (T6) não foi diferente estatisticamente do poço da fazenda bruaquinha (T5) mas apresentou diferença entre os outros tratamentos (Figura 28G).

Quando as plantas são submetidas a salinidade ocorre um desvio de energia metabólica, de maneira a se tentar adaptação a este estresse, desta forma, ocorre redução na fixação do CO₂ devido a uma inadequada taxa fotossintética e isto causa redução na área foliar e aumento na respiração da planta (GREENWAY & MUNNS, 1980; ZHU, 2001).

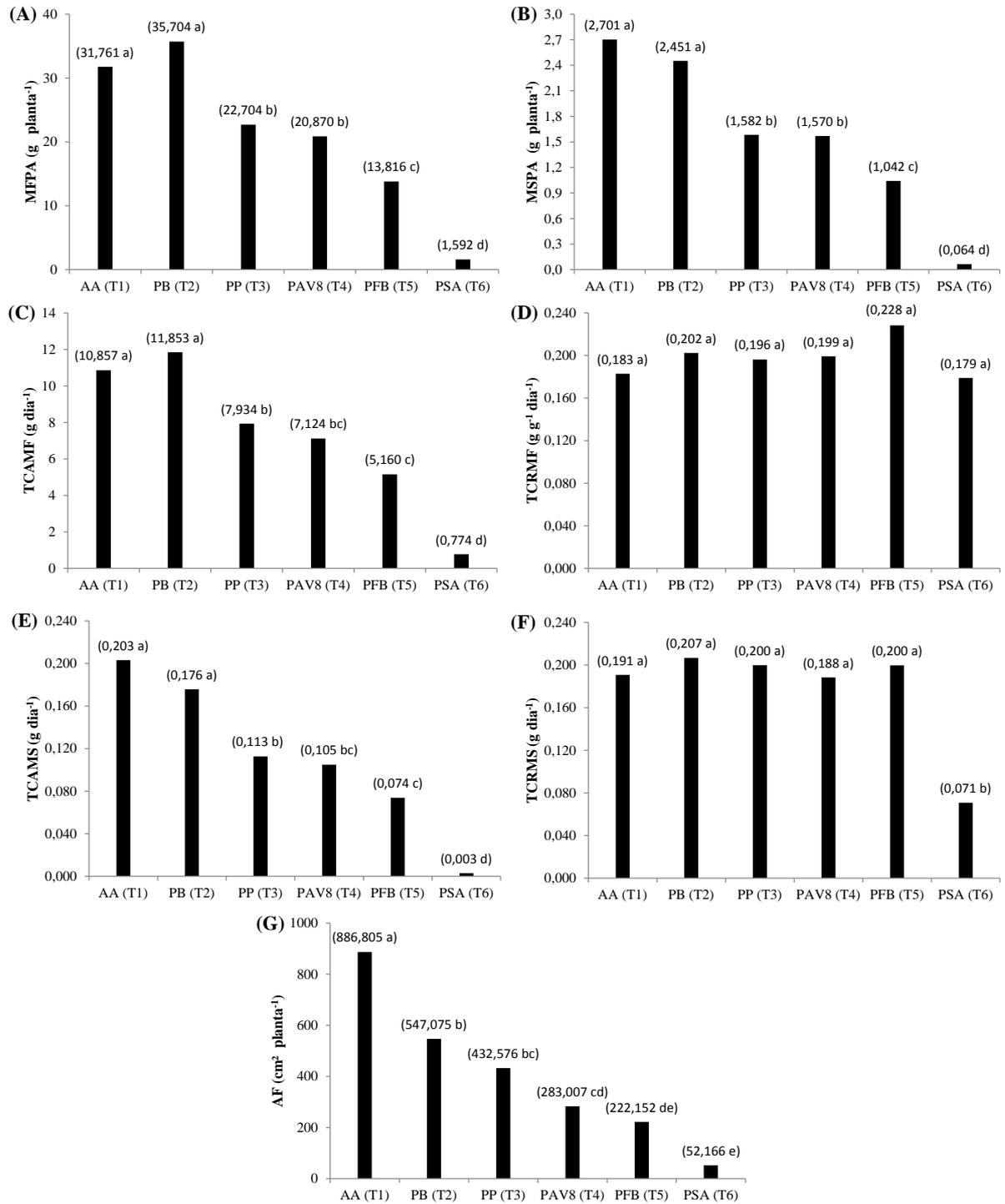


Figura 28. Teste de comparação de médias aplicada a massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B), taxa de crescimento absoluto para número de folhas (C), taxa de crescimento relativo para o número de folhas (D), taxa de crescimento absoluto da massa seca (E), taxa de crescimento relativo da massa seca (F) e área foliar (G) em função do tipo de água de diferentes poços para a cultura do agrião no experimento III

Na cultura da couve chinesa a análise de comparação de médias mostrou que para a variável MFPA a utilização de água do Poço do Boi (T2) e do Poço da Fazenda Bruaquinha (T5) não apresentaram diferenças estatísticas, por outro lado, os demais tratamentos diferiram entre si (Figura 29A). Esta variável apresentou valores médios entre 1788,9 e 7,89g sendo este resultado correspondente, respectivamente, a testemunha (T1) e o poço do sitio angico (T6), sendo este último o nível mais salino. Para a MSPA a testemunha também proporcionou maior rendimento (66,9g) apresentando diferença estatística dos demais tratamentos. Não foram observadas diferenças nos tratamentos com águas subterrâneas salobras T2, T3 e T5; o (T5) também não foi diferente do (T4) e o (T6) diferiu de todos os tratamentos apresentando em média 0,7g de MSPA (Figura 29B). Soares et al. (2010), cultivando alface Verônica com seis níveis de águas produzidas com NaCl e reposição do volume evapotranspirado com água doce, encontraram valores médios de MFPA e MSPA de 275 e 13,96g, respectivamente.

Assim como na cultura do agrião, para a cultura da couve chinesa também foram obtidos valores inferiores de MFPA e MSPA no Experimento II, no qual, utilizou-se a simulação de águas salobras de diferentes localidades para preparo da solução e reposição da evapotranspiração. Apesar de esta não ser a única fonte de variação entre os experimentos que foram realizados em épocas diferentes, a aplicação de água salobra na reposição da lâmina evapotranspirada proporciona um incremento de sais na solução nutritiva, aumentando a salinidade com o uso contínuo desse manejo ao longo do ciclo, tendo como consequência menor desenvolvimento das plantas. Em pesquisa realizada por Soares et al. (2010) utilizando a combinação de águas doce e salobra na produção da alface hidropônica cv. 'Verônica', foi verificada maior produção quando se utilizou água doce no preparo da solução nutritiva e reposição com água salobra para as perdas por evapotranspiração, comparando-se com a utilização de água salobra no preparo da solução nutritiva e reposição com água doce. Santos et al. (2011), trabalhando com combinação de águas (águas de poço profundo, água dessalinizada e o rejeito da dessalinização) para o preparo da solução nutritiva no cultivo hidropônico de alface cv. 'Elba', em sistema NFT e Floating, realizando a utilização alternada destas águas no preparo da solução nutritiva e/ou reposição das perdas por evapotranspiração, também concluíram que a maior produção acontece quando utiliza-se água doce no preparo da solução nutritiva e água salobra na reposição do volume evapotranspirado.

Para a variável TCRMF e TCRMS pôde-se observar que não houve diferenças estatísticas entre os usos dos diferentes poços, exceto para o poço do sitio angico (Figura 29D

e 29F). A TCAMS não apresentou diferença estatística entre T2, T3 assim como T4 e T5 mas, todos diferiram da testemunha (T1) (Figura 29E).

A análise de comparação de média mostrou que para a TCANF e a TCRNF não houve diferença entre a utilização da água do Poço da Pousada (T3), ou do Poço da Fazenda Bruaquinha (T5) quando comparada a Testemunha (T1) (Figuras 29G e 29H).

Em termos de área foliar, a testemunha (T1) também proporcionou um maior resultado 52603,6 cm² por planta, sendo diferente estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 29I). Para a variável número de folhas (Figura 29J), verificou-se que o uso das águas T2, T3 e T5 não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram dos demais, a Testemunha (T1) apresentou maior número de folhas e diferindo de todos os outros tratamentos de acordo com o teste de tukey a 5% de probabilidade. O NF neste experimento variou de 11,8 a 33,0 folhas.

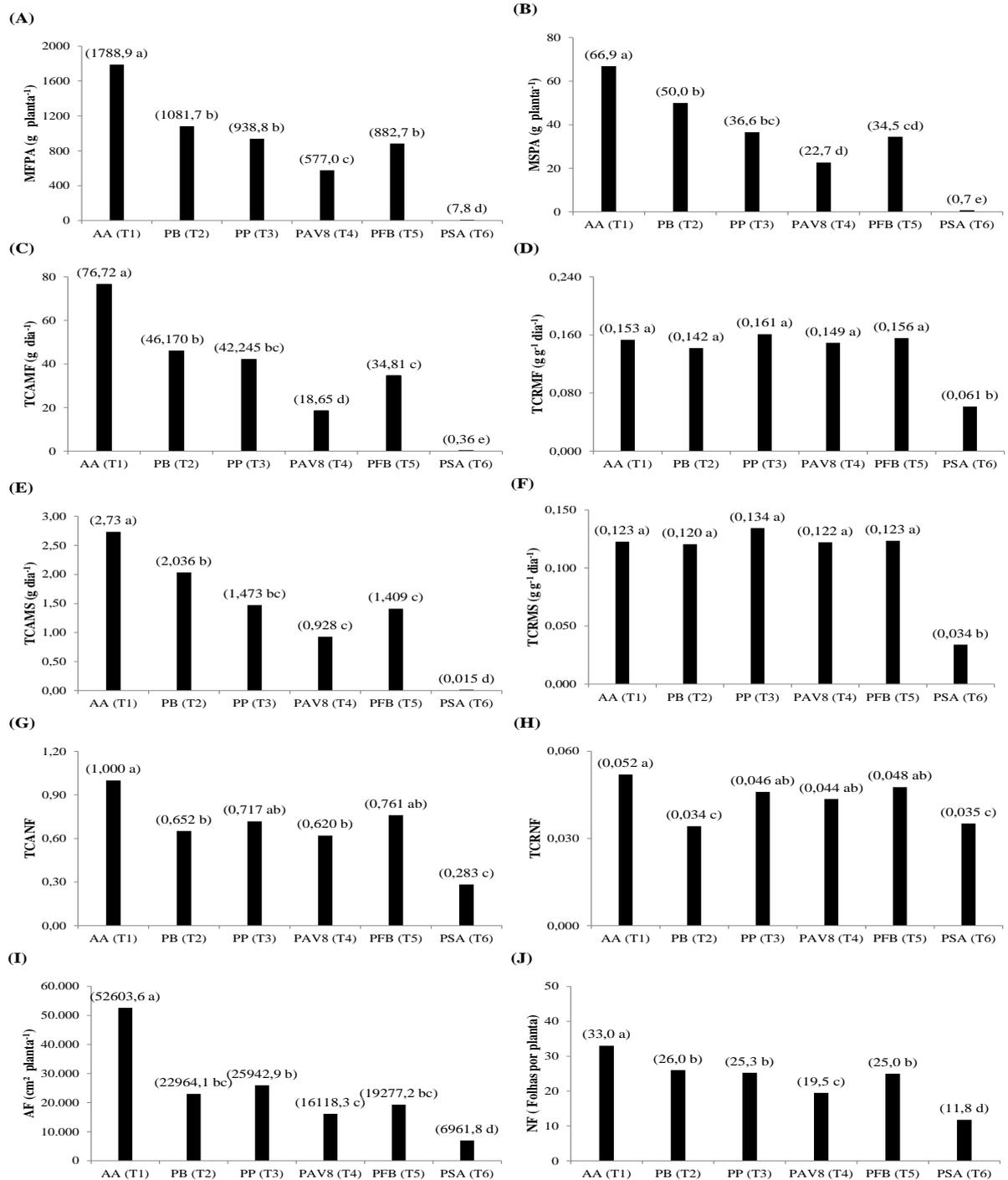


Figura 29. Teste de comparação de médias aplicada a massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B), taxa de crescimento absoluto da massa fresca (C), taxa de crescimento relativo da massa fresca (D), taxa de crescimento absoluto da massa seca (E), taxa de crescimento relativo da massa seca (F), taxa de crescimento absoluto do número de folhas (G), taxa de crescimento relativo do número de folhas (H), área foliar (I) e número de folhas (J) em função do tipo de água de diferentes poços para a cultura da couve chinesa no experimento III

Para ambas as culturas (agrião e couve chinesa), observou-se visivelmente diferenças no tamanho das plantas em decorrência dos diferentes tipos de águas subterrâneas salobras, sendo as plantas submetidas aos maiores níveis salino aquelas que proporcionaram maior redução. Para este nível salino na cultura do agrião as plantas apresentaram coloração escura (arroxeadas) na nervura central (o que pode ser atribuído à deficiência de ferro) e folhas mais espessas (Figura 30).

Para a cultura da couve chinesa além da redução do tamanho em decorrência da utilização de água dos diferentes poços (Figura 31) as folhas apresentaram uma tonalidade mais escura para os níveis mais salinos, exceto para o tratamento utilizando água do poço do sitio angico (T6) no qual, as plantas apresentaram clorose e necrose.



Figura 30. Plantas de agrião produzidas com água do poço do sitio angico (T6) e plantas produzidas com água de abastecimento (T1)

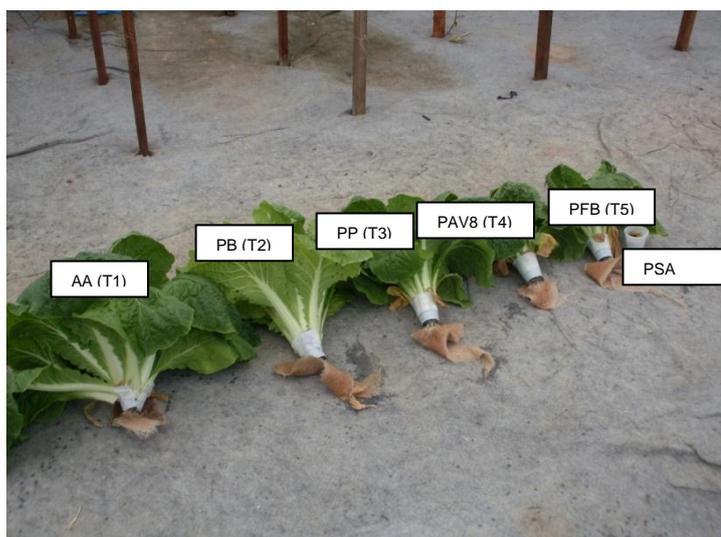


Figura 31. Plantas de couve chinesa produzidas com diferentes águas de poços, sendo da esquerda para a direita do menor ao maior nível salino

4.4.3. Consumo hídrico das culturas do Agrião e Couve Chinesa

Observa-se diferenciação estatística entre os tipos de águas de poços utilizados ao nível de 5% de probabilidade para a variável consumo hídrico. Tais resultados identificam que, apesar das águas terem salinidade diferentes, as plantas tiveram estatisticamente o mesmo consumo para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 para a cultura Agrião (Figura 32A), e para T1, T2 e T3 para a cultura Couve chinesa (Figura 32B). Este resultado mostra que, o fator limitante em relação ao uso destes tipos de águas deve-se principalmente a sua composição e não somente a sua salinidade.

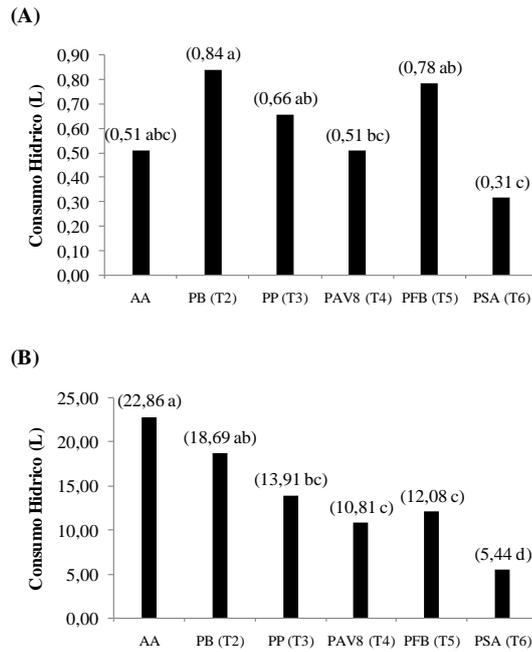


Figura 32. Representação do consumo hídrico para as culturas agrião (A) e couve chinesa (B), em função do tipo de água de poço

Bie, Ito, Shinohara (2004) chamam a atenção também para determinados íons que podem ser tóxicos à produção da alface quando em altas concentrações, como é o caso dos bicarbonatos e dos sulfatos, em função do efeito específico desses íons. Os efeitos da acumulação excessiva de sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água (SILVA JÚNIOR, 2007).

5. CONCLUSÕES

1. As variáveis de crescimento e rendimento (área foliar, massa fresca e seca da parte aérea) analisadas sofreram redução quando submetidas ao uso de água salinizada com NaCl no preparo da solução nutritiva e na reposição da volume evapotranspirado em diferentes níveis para ambas as culturas;

2. O uso das águas salobras subterrâneas dos diferentes poços simulados, utilizadas no preparo da solução nutritiva e, tanto o uso de água doce, quanto o uso de água salobra na reposição do volume evapotranspirado influenciou no crescimento e rendimento da cultura do agrião e couve chinesa;

3. O uso de água salinizada com NaCl no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada provocou redução no consumo hídrico das plantas com o aumento do nível de salinidade para as culturas de agrião e couve chinesa;

4. O uso de água salobra simulada de poço subterrâneo no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada provocou redução no consumo hídrico da cultura do agrião e da couve chinesa com o detrimento da qualidade da água utilizada;

5. O uso das águas salobras subterrâneas dos diferentes poços utilizadas no preparo da solução nutritiva e o uso de água doce na reposição do volume evapotranspirado não influenciou no consumo hídrico da cultura do agrião, com exceção da utilização da água do Poço do Sítio Angico que apresentava maior condutividade elétrica entre os tratamentos analisados;

6. Para a cultura do agrião, o uso de água salinizada com NaCl provocou alteração de absorção dos íons sódio, cloreto e potássio, em função da salinidade da água utilizada, por outro lado, o uso de água salobra de poço subterrâneo alterou a absorção de todos os íons analisados;

7. Para a cultura da Couve chinesa, o uso de água salinizada com NaCl e o uso de água salobra de poço subterrâneo alterou a absorção de todos os íons analisados.

REFERÊNCIAS

ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivares. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.11, p.2289-2303, 1993.

ALVES, M. S. **Estratégias de usos de águas salobras no cultivo de hortaliças em sistema hidropônico NFT**. Cruz das Almas, 2011. 100 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p. 421-498, 2011.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BARROS, J. G. C. Origem, Distribuição e Preservação da Água no Planeta Terra. **Revista das Águas/GT Águas**, novembro/2008.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 41p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: UNESP-Campus de Jaboticabal. 1988. 41p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267 p.

BIE, Z.; ITO, T.; SHINORA, Y. Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n.3/4, p. 215-224, 2004.

BOITEUX, L. S. & GIORDANO, L. B. **Como Plantar: Agrião**. 2007. Disponível em [TTP://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1582437-4529,00.html](http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1582437-4529,00.html). Acesso em: 02/12/2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Disponível em: < <http://www.integracao.gov.br/desenvolvimentoregional/publicacoes/delimitacao.asp>> Acesso em: 26 outubro 2011.

BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D.L. **Saline and sodic soils: principles dynamics - modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 236p. (Advanced series in Agricultural Sciences, 10).

CABRAL, J.J.S.P.; SANTOS, S.M. **Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro**. In: CABRAL, J.J.S.P (Cord.). O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas. Recife,2007: Ed. Universitária da UFPE, cap .3, p 40-63.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 1994, 43p.

CEASA-PE. Central de Abastecimento da Secretaria de Agricultura de Pernambuco: **Cotação diária de preço – Hortaliça 2012**. Recife: Secretaria de Agricultura. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/verCotacao.php?tipo=hortalicas>. Acesso em: 02 de junho de 2012.

CEASA-PE. Central de Abastecimento da Secretaria de Agricultura de Pernambuco: **Calendário de comercialização e principais municípios fornecedores**. 2012. Recife: Secretaria de Agricultura. Disponível em: http://www.ceasape.org.br/calendario_pdf/PRINCIPAIS_MUNICIPIOS_FORNECEDORES_2012.pdf. Acesso em: 02 de junho de 2012.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2004. **Estudos hidrogeológicos de bacias sedimentares da região Semi-árida do Nordeste brasileiro**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/PropostaCTHidro-FINAL.pdf>. Acesso em: 25 de Agosto de 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de informação de águas subterrâneas – SIAGAS**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em: 12 de junho de 2012.

CRUZ, W. B.; MELO, F. A. C. F. de. Zoneamento químico e salinização das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. In: **Boletim de Recursos Naturais – SUDENE**. 1969, v. 7., n. 1/4, p. 7-40.o

DEBEZ, A.; HAMED, K. B.; GRIGNON, C.; ABDELLY, C. Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritime*. **Plant and Soil**, v. 262, n 1-2, p. 179 - 189, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) - **Catálogo brasileiro de hortaliças**. Brasília, DF. 2010. 59p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) – **Hortaliças. Agrião**. Disponível em [TTP://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/agriao.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/agriao.htm). Acesso em: 02/12/2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) – **Hortaliças. Couve chinesa**. Disponível em http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/dicas/couve_chinesa.htm. Acesso em: 15/12/2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de M.E.T. Nunes. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

ESPINAR, J. L.; GARCIA, L. V.; CLEMENTE, L. Seed storage conditions change the germination pattern of clonal growth plants in mediterranean salt marshes. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 7, p. 1094 - 1101, 2005.

ESTEVES, B. S.& SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Revista ecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro, v.12, n 4, p. 662-669, 2008.

FEITOSA, Fernando A. C. *et al.* **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, LABHID–UFPE), 1997. 412p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**. Viçosa: UFV, 2003. 288p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed, Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.

FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**. Fortaleza: Série Debates n° 24, dezembro 2002.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 481, p. 777-778, 1999.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de olerícolas de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1. ed. Campinas: IAC, 1998. 30p. Boletim técnico, 168.

GIOMETT, A. B. R. & CARVALHO, A. V. P. **Água e cidadania**. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus Franca, 2006. 28p.

GOMES, L. O. **Resposta da Cultura do Agrião à Salinidade Utilizando um Sistema Hidropônico do Tipo NFT**. Piracicaba, 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

GUALBERTO, R; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A.M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.

GUYTON A.C. **Fisiologia Humana**. 6ª edição. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara, 1988. 564 p.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Virtual Water Trade: **A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade**. Value of Water Research Report Series, Netherland: UNESCO/IHE. 2002, n. 11, p. 25-47.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. **Qualidade da água para irrigação**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 5, p. 137-169.

IMPORTADORA DE SEMENTES PARA LAVOURA - ISLA – Catálogo 2001/2002. Porto Alegre: Isla Sementes, 2002.

IMPORTADORA DE SEMENTES PARA LAVOURA-ISLA. Catálogo 2006/2007. Porto Alegre: Isla Sementes, 2006.

JOHNSON DIVISION. **Água subterrânea e poços tubulares**. 3 ed. São Paulo: CETESB, 1978.482 p.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. cap.6, p.146-186: Development of root system.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture, Berkeley**, v.38, n.10, p.18-20, 1984.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress**. New York: Academic Press, v. 2, p. 25-280, 1980.
- LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Documentos 33, Planaltina: EMBRAPA cerrado, 2001. 46p.
- LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. Campina Grande: UFPB, 1997. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 4, p. 113-136.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MAROTO-BORREGO, J. V. M. **Horticultura herbácea especial**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 615p.
- MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. **O cultivo de flores sob hidroponia**. Boletim de Extensão. 1996. Viçosa, n. 38,. 25p.
- MEDEIROS, J.F. **Manejo da água de irrigação salobra em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- MEDEIROS, M. C. L.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação foliar na cultura da rúcula em diferentes substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 158-161, 2007.
- MELLOUT, A. J.; COLLIN, M. A proposed index for aquifer water quality assessment: the case of Israel’s Sharon region. **Journal of Environmental Management**, v. 54, p. 131-142, 1998.
- MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**. v.25, p.239–250, 2002.

- MUNNS, R., R.A., JAMES AND A. LAUCHLI. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**. v. 57, p. 1025-1043. 2006.
- NEUMANN, P. Salinity resistance and plant growth revisited. **Plant, Cell and Environment**, v.20, n.9, p.1193-1198, 1997.
- ORTELI, J.J. Effects of external salt concentrations on water relations in plants. **Soil Science**, New Brunswick, v.105, p.216-221, 1968.
- PAIVA, R. Textos Acadêmicos – **Fisiologia de Plantas Ornamentais**. Lavras. Ed. UFLA, 2000. 88p.
- PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.29-35, 2010.
- PAULUS, Dalva. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 267 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 3, p.465-473, 2000.
- PETRELLA, R. **O manifesto da água: argumentos para um contrato mundial**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477 p.
- REBOUÇAS, A. C. **Uso Inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.
- REBOUÇAS, A.C. **Águas subterrâneas**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 4, p. 117-151.
- REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento**. Belém, CPATU, 1978. 35p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salobras para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa e J.E. Queiroz. Campina Grande: UFPB, 2000. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48). 117 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

SANJUÁN; M.C.S.; GAVILÁN, M.U. **Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sinsuelo**. In: GAVILÁN, M.U. (Coord.). Tratado de cultivo sinsuelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. cap. 5, p. 161- 237.

SANTOS, A.N.; SILVA, F.F.E.; SOARES, T.M.; DANTAS, R.M.L.; SILVA, M.M. Produção de alface em NFT e floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SANTOS, A. N.; SOARES, T.M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.961-969, 2010.

SANTOS, A.N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema NFT no semi-árido brasileiro utilizando águas salobras**. 2009. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SCHWARZ, M. **Soilless culture management**. Berlin: Springer Verlag, 1995. 197 p. (Advanced Series in Agricultural Sciences, 24).

SHANNON, M.; FRANCOIS, L. Salt tolerance of three muskmelon cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria. v.103, p.127-30, 1978.

SHOLTO, D.J. **Hidroponia: Cultura sem terra**/ James Sholto Douglas; Tradução e prefácio Zilmar Ziller Marcos. – São Paulo: Nobel, 1987.

SILVA JÚNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*musa spp*) submetidos à salinidade**. 2007. 106 p. Tese (Doutorado

em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia, Recife, 2007.

SILVA, E. R.; NOBREGA, O. S.; SILVA, R. H. **Química Transformações e aplicações**. São Paulo: 2001. Ed. Ética, 408 p.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, J. M. **Acelga e suas propriedades**. 2010. Disponível em: <http://so-verduras.blogspot.com/2010/05/accelga-e-suas-propriedades.html>. Acesso em 15/12/11.

SILVA, J. M. **As propriedades do agrião**. 2010. Disponível em: <http://so-verduras.blogspot.com/2010/05/as-propriedades-do-agriao.html>. Acesso em: 10/12/11.

SILVA, J. S. **Produção de hortaliças folhosas com uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano utilizando sistema hidropônico NFT**. 2012. 78 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – Cruz das Almas, BA. 2012.

SILVA, L.B & FREITAS, H.M.B. Texto Acadêmico - **Os Vegetais e a Água**. UFBA / Projeto Qualibio, Salvador, 1998. Disponível em: <<http://www.qualibio.ufba.br/012.html>>. Acesso em: 04/11/2011.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. 2007. 267p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.705-714, 2010.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. Produção de alface utilizando águas salobras em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.

SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F.; MÉLO, R.F.; JORGE, C.A.; OLIVEIRA, A.S. Experimental structure for evaluation of brackish water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, v.14, n.1, p.102-114, 2009.

SOUSA, E.R. **Noções sobre qualidade da água**. Departamento de Engenharia Civil e arquitetura. Notas de aula- Saneamento Ambiental I, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001.

SOUZA, L. Água: Produziu, gastou. **Revista nova escola**. Ed. Abril. 2010.

SUASSUNA, J. **O gerenciamento da água no Nordeste**, publicado em 07/05/2004 – Disponível em: www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=266. Acesso em 21/07/11.

SUTCLIFFE, J.F. **As plantas e a água**. São Paulo: E.P.U./EDUSP,1980. 126p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E. R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia: Alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86 p.

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

TUCCI, C. E. M.; CABRAL, J. J. S. P. **Prospecção Tecnológica - Recursos hídricos: Qualidade da água subterrânea**. Documento final, anexo II-b. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2003. 53p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO F. O. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. Brasília, GWP, 2000. 165p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**- Folha explica. Ed. Publifolha. São Paulo. 2a.edição, 2009. 128p.

UFV. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Qualidade da água** – 2010. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>. Acesso: 20 de Novembro de 2010.

YARON, B. **Water suitability for irrigation.** In: YARON, E.; DANFORS, E.; VAADID, Y. (Ed.). *Arid zone irrigation.* Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.71-88, 1973. (EcologicalStudies, 5).

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

ZOBY, J.L.G.; OLIVEIRA, F.R. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2005. 73p.