



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRICOLA**

MARIA MAYARA SOUSA DOS SANTOS

**ECOFISIOLOGIA DO COQUEIRO GIGANTE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
UMIDADE E SALINIDADE DO SOLO NO LITORAL OESTE DO ESTADO DO
CEARA**

FORTALEZA

2018

MARIA MAYARA SOUSA DOS SANTOS

ECOFISIOLOGIA DO COQUEIRO GIGANTE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
UMIDADE E SALINIDADE DO SOLO NO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2018

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

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

S236e Santos, Maria Mayara Sousa dos.
Ecofisiologia do coqueiro gigante sob diferentes condições de umidade e salinidade do solo no litoral Oeste do estado do Ceará / Maria Mayara Sousa dos Santos. – 2018.
97 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. Estresse salino. 2. Estresse hídrico. 3. Cocos nucifera L.. I. Título.

CDD 630

MARIA MAYARA SOUSA DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.
Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Aprovada em: 30/01/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa
Faculdade IEDUCARE (FIED)

Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Dra. Antonia Leila Rocha Neves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus

Aos meus pais, Francisca e Luiz.

Pelo amor, carinho e educação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à DEUS, meu refúgio e fortaleza, a quem recorro nos dias difíceis, que me faz suportar a caminhada. Acalma a minha alma.

Em segundo lugar à minha família, aos meus pais Luiz Gonzaga dos Santos e Francisca de Assis Souza, colocaram-me no mundo, me apresentaram o melhor caminho a seguir, me apoiam, me fortalecem, me mostram o real motivo da minha presença na Terra, estão comigo independente do meu estado físico e psicológico, “tem vezes que surto”.

Aos meus irmãos Francisco Rommeriky Sousa dos Santos, pelo amor, amizade e companheirismo desde que eu nasci e ao Luiz Gonzaga dos Santos Filho, desde que ele nasceu.

Ao meu orientador, Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, que é um verdadeiro Pai e amigo para os seus orientandos, me aguentou, me sustentou, me animou e me apoiou, sob todas as circunstâncias e, principalmente, acreditou em mim quando eu mesma achava não ser capaz. Muito obrigada!

À querida Dra. Antonia Leila Rocha Neves pela mãe que és para a nossa turma, o apoio, o incentivo, a dedicação, a força, o caráter. As melhores risadas, são com você!

Ao querido Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa, que demonstra um jeito peculiar de cuidar da nossa turma, sempre centrado procurando as melhores alternativas para desenvolvemos uma boa pesquisa.

Ao Dr. Marlos Alves Bezerra pelo apoio e colaboração profissional no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu grande amigo, irmão posição e parceiro de pesquisa, Aureliano Albuquerque Ribeiro que me incentiva, me apoia e promove os melhores momentos. A vida me trouxe um grande presente. “Conte comigo, como eu conto contigo”.

À Dra. Isabel Cristina da Silva Araujo, palavras são poucas para agradecer o que fez e faz por mim, o apoio, a paciência e principalmente o presente da sua amizade, temos muita história para contar...

Aos meus amigos, parceiros de vida, laboratório e bons momentos: Júlia Medeiros; Saúde Ribeiro; Jordania Gabriel; Régis Santos; Emanuelle Victor; Jardelson Ferreira aos PIBIC's Davi Rodrigues; Adriana Oliveira; Honório Neto, com a ajuda e o apoio de vocês a jornada foi “mais leve”.

Aos meus amigos de turma do Mestrado Lais Monique, Valsérgio Barros, Luana Soares, Keivia Lino, Leonária Luna, agradeço a amizade, o apoio e o convívio diário.

Ao meu amigo, Edgleudo Coelho pela amizade, parceria e incentivo.

Ao Dr. Laerte Gurgel Barreto, proprietário da empresa COHIBRA, agradeço o apoio e a confiança por todos os anos de colaboração, amizade e respeito.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade INCT-Sal, pelo apoio financeiro para condução deste trabalho.

À Universidade Federal do Ceará - UFC, pela oportunidade de cursar a pós-graduação e por promover o encontro de pessoas com o mesmo objetivo.

Ao Corpo Discente do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por compartilhar o ensino acadêmico e de vida, possibilitando o nosso crescimento profissional e pessoal, foi difícil, mas estou seguindo.

Ao Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU, pelo espaço e suporte;

Ao Sr. Antonio José do Laboratório de Solos/Água da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) - Departamento de Ciências do Solo/UFC, pelo apoio e disponibilidade no desenvolvimento do trabalho.

Aos colaboradores envolvidos na empresa Ducoco Litoral S/A, pelo apoio e incentivo.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

MEU MUITO OBRIGADA!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King).

RESUMO

As plantas crescem e se reproduzem em ambiente complexo, composto de uma multiplicidade de fatores, consequência de vários processos fisiológicos, controlados pelas condições ambientais e características genéticas de cada espécie. Nesse contexto, objetivou-se, caracterizar o comportamento ecofisiológico do coqueiro gigante em diferentes ambientes de desenvolvimento e épocas de avaliação, no Litoral Oeste do Estado do Ceará, Brasil. Adotou-se o modelo estatístico de medidas repetidas no tempo, em um esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas pelas épocas de avaliação (época de seca: outubro de 2015 e setembro de 2016; época chuvosa: abril de 2016 e março/abril de 2017), e as sub-parcelas por quatro ambientes (Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar) com dez repetições referentes às dez plantas úteis de cada ambiente. Em cada data de avaliação foram realizadas avaliações das trocas gasosas foliares e amostras das mesmas folhas foram coletadas para avaliação nutricional, teores de solutos orgânicos e acúmulo de Na e Cl nas superfícies foliares. Também foram coletadas amostras de solo para determinação do perfil de umidade e de condutividade elétrica do solo. A presença de fatores de estresse abiótico para a cultura do coqueiro caracteriza dois dos quatro ambientes avaliados, sendo a salinidade e o excesso hídrico característicos do ambiente Preamar e o déficit hídrico caracterizando os ambientes de Sequeiro. O ambiente Foreiro, apesar da proximidade do oceano, não apresenta qualquer limitação do ponto de vista da salinidade do solo, e a maior umidade nas camadas inferiores do perfil do solo reduzem significativamente a influência da estação seca sobre as taxas de fotossíntese líquida. O ambiente Preamar, embora apresente uma relação intrínseca com o mar, este não apresentou elevados teores de sais no solo. A maresia provoca acúmulo de Na e Cl nas superfícies foliares do coqueiro em todos os ambientes, se destacando aqueles mais próximos do mar. O coqueiro gigante na época chuvosa ajusta o metabolismo para sobreviver as condições de seca o que favorece o desenvolvimento da espécie. Maior acúmulo de carboidrato foi verificado nos ambientes sob condições abióticas. Não se observou qualquer relação entre acúmulo de prolina nas folhas e os fatores de estresse abióticos presentes nos ambientes de cultivo do coqueiro estudados.

Palavras-chave: Estresse salino. Estresse hídrico. *Cocos nucifera* L.

ABSTRACT

The plants grow and reproduce in a complex environment, composed of a multiplicity of factors, consequence of several physiological processes, controlled by the environmental conditions and genetic characteristics of each species. In this context, the objective was to characterize the ecophysiological behavior of the giant coconut tree in different developmental environments and epochs of evaluation, in the West Coast of the State of Ceará, Brazil. It was adopted the statistical model of measures repeated in time, in a split-split scheme, the installments being composed of the evaluation periods (dry season: October 2016 and September 2016; rainy season: April 2016 and March / April 2017); and subplots for four environments (Irrigado, Sequeiro, Foreiro and Preamar) with ten replications referring to the ten useful plants of each environment. At each evaluation date, leaf gaseous gas exchange evaluations were performed and samples of the same leaves were collected for nutritional evaluation, content of organic solutes and Na and Cl accumulation in the leaf surface. Soil samples were also collected to determine the soil moisture and electrical conductivity profile. The presence of abiotic stress factors for the coconut palm culture characterizes two of the four environments evaluated, being the salinity and the water excess characteristic of the environment Preamar and the water deficit characterizing the environments of Sequeiro. The Foreiro environment, despite the proximity of the ocean, presents no limitation from the point of view of soil salinity, and higher moisture in the lower layers of the soil profile significantly reduce the influence of the dry season on the rates of liquid photosynthesis. The Preamar environment, although presenting an intrinsic relationship with the sea, did not present high levels of salts in the soil. The sea air causes accumulation of Na and Cl on the coconut leaf surfaces in all environments, highlighting those closest to the sea. The giant coconut tree in the rainy season adjusts the metabolism to survive the dry conditions which favors the development of the species. Higher carbohydrate levels were observed in environments under abiotic conditions. No relationship was observed between proline accumulation in leaves and factors of abiotic stress present in the studied coconut cultivation environments.

Keywords: Saline stress. Water stress. *Cocos nucifera* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Crescimento da produção de coco no Brasil no período de 1960 a 2017.....	25
Figura 2 –	Dados de distribuição pluviométrica mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017.....	36
Figura 3 –	Dados de temperatura máxima, mínima e média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017.....	36
Figura 4 –	Dados de umidade relativa média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017	37
Figura 5 –	Dados de velocidade do vento média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017.....	37
Figura 6 –	Imagem por satélite da localização da área e ambientes de estudo. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	39
Figura 7 –	Ambiente Irrigado. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.....	40
Figura 8 –	Ambiente Sequeiro, Icarai de Amontada, Ceará, 2017.....	40
Figura 9 –	Ambiente Foreiro, Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	41
Figura 10 –	Ambiente Preamar, Icarai de Amontada, Ceara, 2017.....	41
Figura 11 –	Etapas de coleta para determinação da umidade do solo. Coleta de amostra com trado no solo em ambiente Preamar (A), amostra de material coletado (B), pesagem de material coletado para análise gravimétrica (C). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	45
Figura 12 –	Etapas de coleta para determinação dos teores de Na e Cl nas superfícies foliares. Coleta de amostra de folha no terço médio central da folha 14 (A), garrafas contendo água destilada (B), material vegetal acondicionado em garrafa com água destilada (C), retirada do material vegetal para obtenção do peso seco (D). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	47
Figura 13 –	Etapas de coleta de folhas para determinação dos teores foliares dos coqueiros. Retirada de folíolos na parte central da folha 14 (A), corte de em torno de 10 cm dos folíolos centrais (B), folíolos	

	retirados para acondicionamento em papel alumínio (C), folíolos acondicionados em isopor com nitrogênio líquido (D), amostras coletadas de folhas de coqueiro em liofilizador (E), amostras sendo trituradas em moinho (F), material vegetal triturado (G). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	49
Figura 14 –	Etapas de coleta para determinação das trocas gasosas foliares. Escolha e retirada da folha 14 (A), leitura das trocas gasosas foliares em aparelho IRGA (B). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	50
Figura 15 –	Perfil da umidade do solo nas épocas seca e chuvosa do ambiente Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar, plantados com coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.). Icaraí de Amontada, Ceará 2017.....	53
Figura 16 –	Perfil da condutividade elétrica do solo CE _{1:1} nas épocas seca e chuvosa dos ambientes Irrigados, Sequeiro, Foreiro e Preamar, plantados com coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	56
Figura 17 –	Teor de Sódio na superfície da folha em coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará 2017.....	60
Figura 18 –	Teor de Sódio na superfície da folha em coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada – CE, 2017.....	60
Figura 19 –	Teores Cloreto na superfície da folha em quatro ambientes de desenvolvimento de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.	61
Figura 20 –	Teor de nitrogênio em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	62
Figura 21 –	Teor de nitrogênio em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017	63

Figura 22 –	Teor de fósforo em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	64
Figura 23 –	Teor de Potássio em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017	66
Figura 24 –	Teor de potássio em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L) submetidas à diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	67
Figura 25 –	Teor de sódio em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017	68
Figura 26 –	Teor de cloreto em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em função do ambiente de cultivo e da época de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	69
Figura 27 –	Taxa fotossintética (A) em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) submetidas à diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	71
Figura 28 –	Condutância estomática (gs) em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) submetidas à diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	74
Figura 29 –	Taxas de transpiração (E) em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) submetidas à diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	75
Figura 30 –	Eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) em quatro ambientes de produção de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) submetidas à diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	76
Figura 31 –	Eficiência instantânea do uso da água (A/E) em quatro ambientes de produção de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) submetidas à diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	77

Figura 32 –	Teor de carboidratos solúveis totais em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	79
Figura 33 –	Teor de carboidratos solúveis totais em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	80
Figura 34 –	Teores de prolina livre em folhas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L) submetidas à diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Produção, área colhida e produtividade dos principais países produtores de coco, em 2016.....	24
Tabela 2 –	Área plantada, produção de coco, e produtividade do coqueiro dos principais estados brasileiros produtores (MARTINS, 2015).....	26
Tabela 3 –	Produção brasileira de frutas frescas.....	27
Tabela 4 –	Valores médios da altura da planta (AP), diâmetro da estirpe (De) e número de folíolos (Nf) de coqueiros gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em ambientes distintos de produção. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	42
Tabela 5 –	Atributos químicos do solo nos diferentes ambientes de desenvolvimento do coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	43
Tabela 6 –	Caracterização física do solo nos diferentes ambientes. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	43
Tabela 7 –	Valores de condutividade elétrica e profundidade do nível da água em relação à superfície, no ambiente Preamar, em condições de maré baixa e alta. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	58
Tabela 8 –	Resumo da análise de variância para as variáveis: Sódio (Na) e Cloreto (Cl), em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em função do ambiente e da época do ano. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	59
Tabela 9 –	Resumo da análise de variância para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Sódio (Na), Potássio (K) e Cloreto (Cl) em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em função do ambiente e da época do ano. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.....	61
Tabela 10 –	Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) em plantas adultas de	

	coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceara, 2017.....	70
Tabela 11 –	Teores de carboidratos e prolina livre em plantas adultas de coqueiro gigante (<i>Cocos nucifera</i> L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceara, 2017.....	78

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	O Coqueiro: Origem e distribuição	20
2.2	Aspectos botânicos e morfológicos	21
2.3	O coqueiro no Brasil	23
2.4	Importância Socioeconômica	26
2.5	Aspectos ecofisiológicos do coqueiro	28
2.6	Respostas do coqueiro a fatores abióticos	30
2.6.1	<i>Estresse hídrico (excesso e déficit)</i>	30
2.6.2	<i>Salinidade</i>	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Localização e caracterização da área de estudo	35
3.2	Definição dos ambientes utilizados na pesquisa	38
3.3	Caracterização biométrica das plantas	42
3.4	Caracterização do solo das áreas de estudo	42
3.5	Modelo estatístico e tratamentos	43
3.6	Coleta de dados	44
3.6.1	<i>Perfil de umidade do solo</i>	44
3.6.2	<i>Condutividade elétrica do solo e de marés</i>	45
3.6.3	<i>Teores de Na e Cl nas superfícies foliares</i>	46
3.6.4	<i>Estado nutricional dos coqueiros</i>	48
3.6.5	<i>Trocas gasosas foliares</i>	50
3.6.6	<i>Teores de carboidratos solúveis totais e prolina</i>	50
3.7	Análises estatísticas	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Perfil de umidade do solo	53
4.2	Perfil de condutividade elétrica do solo e das marés	56
4.3	Teores de Na e Cl nas superfícies foliares	59
4.4	Estado nutricional das plantas	61
4.5	Trocas gasosas foliares	70
4.6	Teores de carboidratos solúveis totais e prolina livre	78

5.	CONCLUSOES	84
	REFERENCIAS	85

1 INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera L.*) é uma planta essencialmente tropical, difundida em grande parte do globo terrestre devido aos seus múltiplos usos. Conhecida como “árvore da vida”, tem um importante papel na vida das pessoas que habitam as regiões tropicais úmidas e, indiscutivelmente, tem tanta importância nos dias de hoje como em tempos passados (PERSLEY, 1992).

No Brasil, a cultura do coco ocupa a quinta colocação mundial, com uma produção de aproximadamente 2.649.246 t, em uma área plantada de 234.012 mil ha (FAO, 2018). Predominantemente a cultura do coco se encontra em grande parte na região litorânea do Nordeste, detentora de aproximadamente 73,5% da produção. O Ceará com 15% da produção se destaca como segundo maior produtor do país, perdendo somente para o estado da Bahia que detém aproximadamente 31% da produção do Brasil.

Dentre as variedades de coqueiro se destacam a gigante e a anã. Atualmente a variedade anã possui maior distribuição no Brasil devido sua maior precocidade e maior produção de frutos por planta, porém o coqueiro gigante detém maior área plantada devido a sua introdução no Brasil ter ocorrido antes do coqueiro anão, além da sua rusticidade e melhor adaptação às condições edafoclimáticas, predominantes no Nordeste brasileiro.

O desenvolvimento do coqueiro nas regiões depende de fatores edáficos, climáticos, térmicos e hídricos, sendo este último o fator que desempenha papel fundamental no desenvolvimento das plantas. O balanço desses fatores proporciona um melhor incremento na produção. Esses fatores aliados ao bom manejo e tratos culturais adequados asseguram a produção das culturas. A água como solvente universal de maior presença nos vegetais é o principal constituinte celular dos organismos vivos, capaz de assegurar as principais reações fisiológicas, bioquímicas, transporte de nutrientes e regulador de temperatura das plantas.

O cultivo do coqueiro ocorre em áreas com déficit hídrico, embora seu desenvolvimento seja comprometido. Segundos Passos *et. al.* (1997), entre os fatores ambientais que limitam o desenvolvimento do coqueiro, a deficiência hídrica é um dos mais importantes. Nessa condição o déficit hídrico na planta, é afetado pela falta de água no solo e por perdas excessivas, devido a transpiração superar a absorção feita pelas raízes.

A presença de sais na água é uma das formas de estresse ambiental que afetam o desenvolvimento das plantas. Segundo Gondim *et. al.* (2009) o estresse salino inibe o

crescimento vegetal por efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água, por toxicidade e/ou desordem nutricional, induzindo às modificações morfológicas, estruturais e metabólicas.

No Ceará o coqueiro possui grande importância econômica, sua presença é obrigatória para compor a paisagem do litoral, além disso serve como fonte de renda para as famílias dessa região. Grande parte dos coqueirais são cultivados de maneira semiextensiva, por se tratar de coqueiros gigantes, resistentes a escassez hídrica e ao ataque de pragas. O estudo dos aspectos de desenvolvimento da planta, quando submetido as condições de déficit hídrico e salinidade, comparado às condições de cultivo irrigado se torna extremamente importante, no que diz respeito a compreensão do desenvolvimento da cultura sob condições de estresse, podendo servir de auxílio para os agricultores.

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar respostas ecofisiológicas do coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L) em diferentes condições de umidade e salinidade do solo, no litoral Oeste do estado do Ceará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Coqueiro: Origem e distribuição

Existem diversas teorias sobre o centro de origem do coqueiro, contudo baseadas em evidências indiretas como a inexistência de ancestrais da espécie atual, bem como a ausência de estudos das relações genéticas e geográficas entre essas espécies, portanto, até hoje não se conhecem os ancestrais do coqueiro. A hipótese mais aceita é que o coqueiro se originou no Sudeste Asiático, principalmente nas ilhas entre os oceanos Índico e Pacífico. Desta região foi levado para a Índia e em seguida para o leste africano, e daí, para as Américas e toda a região tropical do globo (PURSEGLOVE, 1972).

Independentemente de seu centro de origem, o homem é considerado seu principal agente de dispersão. Entretanto, devido à capacidade dos frutos (sementes) flutuarem e permanecerem viáveis após longo período de tempo em água salgada, as correntes marinhas foram de grande importância, atuando como agentes secundários na dispersão dessa espécie (BENASSI, 2013). Segundo o mesmo autor, experimento para determinar a viabilidade do coco revelou que os frutos (sementes) foram capazes de germinar e se desenvolver após um período de 110 dias flutuando na água do mar. Assim, estimando-se uma condição favorável, esse fruto (semente) poderia ser levado por uma corrente marinha por distâncias superiores a 5.000 km.

Considerada como uma das principais culturas dos trópicos úmidos, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é cultivado por 11 milhões de agricultores (NARESH KUMAR, 2011) em mais de 90 países e com uma produção anual de ~61,2 bilhões de frutos, em cerca de ~12,9 milhões de hectares (SOBRAL, 2015). A distribuição do coqueiro se estende sobre as costas dos oceanos e ilhas do cinturão tropical, encontra-se difundida em praticamente todos os continentes, sendo encontrada entre os paralelos 23°N e 23°S em mais de 200 países diferentes (FOALE, 2009). Segundo Martins (2015) sua exploração comercial se detém expressivamente em aproximadamente 90 países, onde se encontram os maiores plantios e melhores condições de cultivo como solos arenosos, intensa radiação solar, boa umidade e precipitação bem distribuída.

O cultivo do coqueiro tem sido introduzido em várias regiões do Brasil e as maiores plantações e produções se concentram no Nordeste Brasileiro que representa 82,28% do total da área plantada de coco e 69,25% do total de coco produzido do Brasil (JESUS JÚNIOR *et. al.*, 2013). O litoral nordestino se destaca por ser uma das principais regiões do Brasil que

apresentam condições climáticas favoráveis ao cultivo do coco. Sabe-se que a cocoicultura brasileira tem grande importância para a economia, pois, além de gerar emprego e renda para as pessoas envolvidas no processo, contribui também para o desenvolvimento dos setores secundários e terciários. O país vem aumentando a sua produção, sendo que o Estado da Bahia, Sergipe e Ceará são os maiores produtores de coco (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

2.2 Aspectos botânicos e morfológicos

O coqueiro é uma planta perene, pertence à classe Monocotyledoneae, ordem Palmales, família Aracaceae (família Palmae) subfamília *Cocoideae* e gênero *Cocos* que possui uma única espécie *Cocos nucifera* L.. Esta espécie possui duas variedades principais a “*Typica*” (coqueiro gigante) e a “*Nana*” (coqueiro anão), apresentando esta última as cultivares: anão verde, anão amarelo e anão vermelho. Segundo Loiola (2009) do cruzamento dessas duas variedades obtém-se o híbrido intervarietal, de ampla utilidade comercial, tanto in natura (uso culinário, água de coco, doces, bolos etc) quanto agroindustrial (água de coco, leite de coco, óleo etc).

O sistema radicular do coqueiro é fasciculado, característico das monocotiledôneas. O caule é do tipo estipe sem ramificações, e no seu ápice há um tufo de folhas que protege uma única gema apical. A folha é do tipo penada, possuindo pecíolo, ráquis e folíolos. Sob condições ambientais favoráveis e considerando plantas adultas, o coqueiro gigante emite 12 a 14 folhas por ano, enquanto o coqueiro anão pode emitir 18 folhas no mesmo período (PASSOS, 1998). Uma folha chega a medir seis a sete metros de comprimento e apresentar de 200 a 300 folíolos. O coqueiro pode emitir cerca de 12 a 16 folhas ao ano, a depender da variedade e condições encontradas. A copa pode apresentar de 30 a 40 folhas para os coqueiros-gigantes e 25 a 28 folhas nos coqueiros-anões (OHLER, 1984; SOBRAL 2017). O número de folhas na planta pode reduzir-se em funções das condições desfavoráveis de desenvolvimento da cultura, como déficit hídrico, salinidade e ataques de doenças.

A inflorescência é paniculada, axilar, protegidas por duas brácteas grandes chamadas de espatas, e é formada pelo pedúnculo, as espigas e flores. Cada espiga possui em sua base algumas flores femininas (em média 30 flores) e muitas flores masculinas (variando de 6.000 a 10.000) nos dois terços terminais (PASSOS, 1998).

As inflorescências são chamadas de espatas e compostas por pedúnculo, espiga, flores masculinas e femininas. O número de inflorescências é acompanhado geralmente pela

emissão das folhas, apresentando em torno de 12 emissões por ano nos gigantes e de 17 a 19, nos anões (MENON; PADALAI, 1958). O fruto do coqueiro é uma drupa constituída pelo exocarpo (casca), mesocarpo (fibras longas e curtas), coque (coque) e semente formada pelo tegumento, albúmen sólido e albúmen líquido (LOIOLA, 2009). Os frutos do coqueiro podem variar de tamanho, cor e formato, estas diferenciações auxiliam na identificação das variedades. Os frutos são usados, no Brasil, desde a forma in natura até em agroindústria de alimentos (FONTES *et al.*, 2002; MARTINS, 2011). Segundo Azeez (2007) o óleo produzido da copra é o principal produto da palmeira, que tem um rendimento de cerca de 65% de óleo, e é talvez o mais valioso material de extração dentre os óleos vegetais

A variedade “*Typica*”, conhecida como coqueiro gigante, é rustico, predominantemente de polinização cruzada devido as flores masculinas se formarem antes das flores femininas, possui fase vegetativa longa, planta de porte alto, podendo atingir cerca de 35 m de altura, frutos geralmente grandes, com endocarpo espesso e firme e em número de 50 a 80 frutos/ planta/ ano (SOUSA, 2006). As folhas são compridas, com comprimento médio de 5,5 metros. O florescimento é tardio, ocorrendo normalmente entre seis e oito anos após o plantio. A produção de flores é contínua. Os frutos variam de tamanho, de médio a grande, sendo necessários de 4.000 a 5.200 frutos para se produzir uma tonelada de copra. A copra dessa variedade é de boa qualidade. As plantas são tolerantes a diversos tipos de solos e de climas. Sob condições favoráveis, o período de produção econômica é de cerca de 60 anos (SIQUEIRA, 2002).

A variedade “*Nana*”, conhecida como coqueiro anão, apresenta um crescimento vegetativo lento e produz um grande número de frutos pequenos (150 a 200 frutos/planta/ano) e com vida útil econômica entre 30 e 40 anos. É uma variedade autógama precoce, iniciando florescimento, em média, com três anos, podendo florescer mais cedo, dependendo da aplicação adequada de tecnologias, como sistema de irrigação e manejo constante (ARAGÃO *et al.*, 1999). Atinge uma produtividade entre 30.000 a 40.000 frutos/ha, apesar de ser mais susceptível a pragas e a estresse ambiental que o híbrido e gigante. Essa variedade apresenta porte baixo na idade adulta (10 a 12 m) quando comparada ao híbrido (20 m) e ao gigante (até 35 m), mas, entre os anões, o AVeBrJ (anão verde do Brasil de Jiqui) e o AVC (anão vermelho de camarões) são de portes menores, crescendo em média por ano 0,24 m e 0,16 m a menos que o dos demais anões (LOIOLA, 2005).

Os coqueiros híbridos são obtidos do cruzamento entre a variedade gigante (polinizador) e a variedade anã (planta mãe). São plantas de porte médio, que atingem cerca de

20 m de altura, com início de produção aos quatro anos de idade, produtividade variando entre 120 a 150 frutos/ planta/ ano, estabilidade de produção aos dez anos, com vida útil econômica de mais ou menos 50 anos (SOUSA, 2006).

Os plantios de coqueiros-gigante encontram-se prioritariamente nas propriedades com a utilização de menor nível tecnológico, dada a sua rusticidade e adaptabilidade às condições de fertilidade do solo e estresses biológicos (MARTINS, 2015). Predominando um sistema de cultivo semi-extrativista com variedades de coqueiro gigante destinado à produção de coco seco, enquanto nas demais regiões predomina o cultivo de coqueiros-anões e híbridos com produção para coco verde (água de coco), que são naturalmente mais produtivos que o coqueiro gigante (FONTES, 2006).

2.3 O coqueiro no Brasil

O coqueiro gigante foi introduzido pela primeira vez no Brasil em 1553, no Estado da Bahia, sendo procedente das ilhas de Cabo Verde (SIQUEIRA, 2002). Segundo Aragão *et al.* (2009) é provável que tenha origem na Índia ou Sri Lanka que, por sua vez foram introduzidos de Moçambique. Outras introduções do coqueiro gigante no Brasil ocorreram da seguinte forma: 1939 no estado do Rio de Janeiro, com o gigante caboclo proveniente da Malásia; 1978 no estado da Bahia e em 1981 no estado do Pará com o gigante do Oeste Africano proveniente da Costa do Marfim decorrente de um convênio com o então IRHO (Institute de Recherches Pour Lês Huiles et Oleagineux) atualmente CIRAD com o objetivo de estabelecer um campo de produção de híbridos e em 1983, no estado de Sergipe de várias populações para constituir o banco ativo de Germoplasma de coco da Embrapa Tabuleiros Costeiros (SIQUEIRA *et al.*, 2002).

A introdução do coqueiro anão ocorreu a partir do início do século XX, da seguinte forma: anão verde em 1925, proveniente de Java; anão amarelo em 1938, procedente do Norte da Malásia; anões verde e vermelho, introduzidos do Norte da Malásia, em 1939 e anão vermelho de Camarões em 1978 importado da Costa do Marfim (DIAS, 1980). Segundo Menom; Pandalai (1958), o coqueiro anão provavelmente se originou de uma mutação gênica do gigante.

Segundo dados da FAO (2018) o Brasil ocupa a quinta colocação mundial em área colhida com aproximadamente 234 mil hectares, com uma produção de frutos em torno de 2,6 milhões de toneladas (Tabela 1), sendo líder no ranking de produtividade da cultura.

Tabela 1 – Produção, área colhida e produtividade dos principais países produtores de coco em 2018

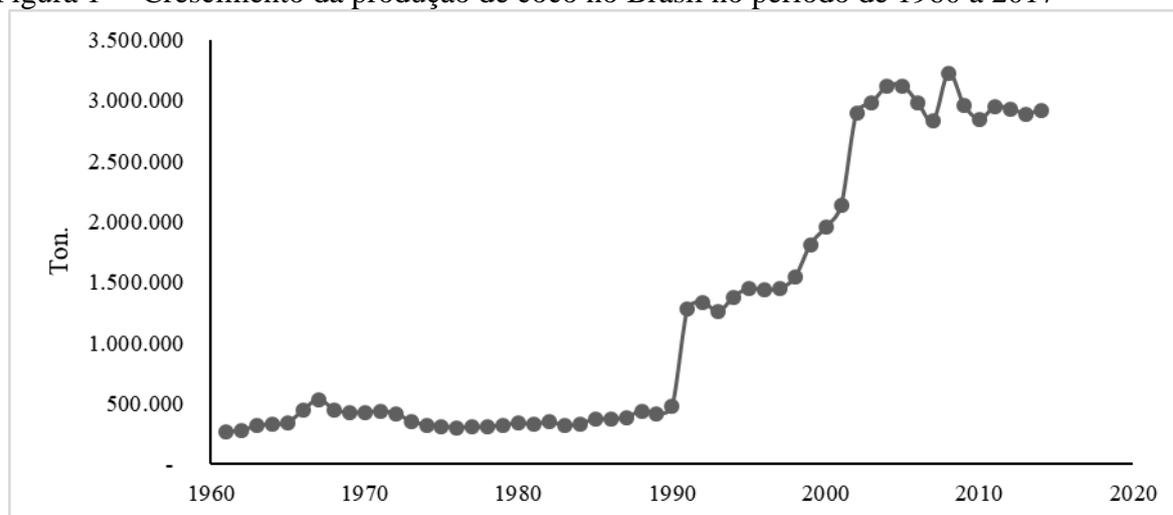
Países	Área colhida (ha)	Produção (mil ton.)	Produtividade (mil ton./ha)
Índia	2.155.749	11.127.898	5,2
Filipinas	3.565.059	13.825.080	3,9
Indonésia	3.105.259	17.722.429	5,7
Sri Lanka	408.918	2.520.095	6,2
Brasil	234.012	2.649.246	11,3
Papua Nova Guiné	207.679	1.191.438	5,7
México	183.637	1.157.481	6,3
Tailândia	177.063	815.406	4,6
Vietnã	146.835	1.469.960	10,0
Malásia	84.609	504.773	6,0

Fonte: FAO (2018).

O Brasil apesar de ser um grande produtor, vem realizando historicamente importações de coco seco desidratado de outros países, fato que tem gerado a queda de preços no mercado nacional em virtude de subsídios que estes países oferecem à cadeia produtiva de coco. Tal prática vem se transformando permanente pela lucratividade conferida (PORTO, 2010).

É importante destacar o avanço desta cultura no Brasil, em 1990 o país ocupava a 10º posição no ranking mundial, com uma produção ao redor das 477 mil toneladas de coco (JESUS JÚNIOR *et al.*, 2013), sobretudo a produção de coco no Brasil começou a despertar a atenção do grande capital, sendo cultivado agora também sob os moldes do agronegócio. Nas últimas duas décadas a cultura do coco atingiu um crescimento exponencial (Figura 1), chegando em 2014 a uma produção de 2,9 milhões de toneladas.

Figura 1 – Crescimento da produção de coco no Brasil no período de 1960 a 2017



Fonte: FAO (2018).

Esse período coincide com a ocorrência dos seguintes processos, entre outros: crescimento acelerado da produção, da produtividade e da expansão da área plantada, basicamente com coqueiros anão e híbrido; difusão das primeiras inovações técnico-científicas e agrônômicas, modernizando o processo produtivo do fruto; expressivo aumento no consumo principalmente de água de coco, que começa também a ser exportada; expansão e consolidação de grandes empresas agrícolas e agroindustriais especializadas na produção e no processamento de coco.

O cultivo de coqueiro no Brasil tradicionalmente acontece na faixa litorânea, principalmente do Nordeste e parte da região Norte do Brasil. Nos últimos trinta anos as áreas desse cultivo vêm tendo uma atenção especial em outras regiões do país, principalmente na região Sudeste, Centro Oeste e Norte. A liderança da produção de coco é da Bahia, seguida de Ceará e Sergipe (Tabela 2), que juntos respondem por mais de 50% da produção nacional de coco. (MARTINS 2015).

Tabela 2 – Área plantada, produção de coco, e produtividade do coqueiro dos principais estados brasileiros produtores (MARTINS, 2015)

Estado	Área plantada (ha)	Produção (mil frutos)	Produtividade (mil frutos/ha)
Bahia	75.827	553.759	7,3
Ceara	45.202	272.060	6,01
Sergipe	39.486	242.852	6,15
Para	23.584	231.400	9,81
Espirito Santo	10.941	173.716	15,87
Pernambuco	8.264	106.625	12,9
Rio de Janeiro	4.546	70.013	15,4
Rio Grande do Norte	20.384	62.293	3,05
Paraíba	9.817	57.456	5,85
Alagoas	6.218	29.287	4,71

Fonte: IBGE (2014).

Esses indicadores de área plantada demonstram que a produção de coco no Ceará teve um importante impulso nessas últimas duas décadas, apontando ainda para uma produtividade em ascensão. Salienta-se que em 2010 o Ceará já concentrava 14% da produção nacional e 16% da área plantada no país, configurando-se como o segundo principal produtor de coco, atrás apenas da Bahia. E dentre todas as regiões cearenses que cultivam esse fruto, o destaque vai sobretudo para o Litoral Oeste, conforme analisado por Cavalcante (2016).

2.4 Importância Socioeconômica

Dentre as principais frutíferas que são exploradas no Brasil, a laranja detém a maior área colhida no país, com aproximadamente 658 hectares de exploração agrícola, seguida da castanha de caju, banana e coco-da-baía que atingiu uma produção de 1,7 milhões de toneladas (IBGE 2016). A evolução brasileira na produção de frutos de coqueiro ocorre obviamente pelo acréscimo das áreas de cultivo, mas principalmente pelo incremento tecnológico na condução e manejo dos coqueirais em quesitos como adubação, sistemas intensivos de cultivos, variedades melhoradas de coqueiros do tipo anão e híbridos, que conjuntamente propiciaram aumento da produtividade e avanço do cultivo de coqueiros em novas fronteiras agrícolas (MARTINS,2011).

Tabela 3 – Produção brasileira de frutas frescas (KIRST *et. al.*, 2018)

Frutas	Área Colhida (há)	Volume (Ton.)	Produtividade (Ton./ha)
Laranja	658.945	17.251.291	26,2
Banana	469.711	6.764.324	14,4
Melancia	90.447	2.090.432	23,1
Abacaxi	68.699	1.796.370	26,1
Coco-da-baía ⁽¹⁾	234.012	1.766.164	7,5
Mamão	30.372	1.424.650	46,9
Limão	47.279	1.262.353	26,7
Maçã	33.981	1.049.251	30,9
Manga	62.842	1.002.189	15,9
Tangerina	49.232	997.993	20,3

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola 2016.

⁽¹⁾ Quantidade produzida em 1.000 frutos e rendimento médio em frutos por hectare.

Devido à crescente demanda da produção brasileira no cultivo do coco, observou-se a consolidação de setor agroindustrial da cultura, com destaque especial para o grande crescimento das empresas Sococo, fundada em 1966 em Alagoas e Ducoco, fundada em 1982 no Ceará, ambas com expressivo papel de desenvolvimento da cultura no Brasil. Nessa perspectiva ocorreu a implantação de grandes projetos em perímetros irrigados utilizando a variedade de coqueiro anão-verde, além da implementação de cultivo em regiões não tradicionais, como os Estados da região Sudeste (destaque para o Espírito Santo e o Rio de Janeiro) e do Centro-Oeste (FONTES; WANDERLEY; 2006).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é considerado uma das espécies tropicais de maior importância socioeconômica e ambiental, devido à versatilidade de uso da planta e poder gerar sistemas de produção sustentáveis e também uma das mais importantes oleaginosas do mundo. Tem grande importância social, na geração de renda e empregos, principalmente porque, é cultivado, na sua maioria, por pequenos produtores, em áreas sem aptidão agrícola para a maioria das culturas (COSTA *et. al.* 2016). Para o Instituto ECoco (2016), a cocoicultura é responsável pela geração de mais de 500 mil empregos diretos no Brasil e outra enorme quantidade de empregos indiretos.

Os principais produtos e subprodutos originários do coqueiro são retirados dos seus frutos, utilizados comercialmente para o consumo *in natura*, em especial da água de coco (albúmen líquido), para a agroindústria de alimentos (albúmen sólido e albúmen líquido), para a indústria têxtil (fibras do mesocarpo) e para o artesanato (endocarpo) (VIRTUAL PALM ENCYCLOPEDIA, 2012). Além disto, com a crescente demanda por bioenergia no mercado nacional e internacional o coqueiro representa uma alternativa potencial para a produção de

biodiesel a partir do óleo de coco, estima-se que possam ser produzidas cerca de duas toneladas de óleo/ha/ano com o cultivo do coqueiro (FONTES; WANDERLEY, 2006).

Diferente de muitas outras culturas temporárias, a comercialização do coco no Brasil pode ser realizada durante o ano todo, com a capacidade de propiciar ao produtor, um fluxo contínuo de receita ao longo da vida produtiva do coqueiro (CUENCA et al., 2002).

Segundo o Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA), no Ceará foram cultivados mais de 40 mil hectares de coqueirais, o que corresponde a 19% da área cultivada nacionalmente, da qual boa parte é destinada à produção da água de coco, tanto para atender à demanda nacional, cerca de 350 milhões de litros/ano, como à crescente demanda do mercado internacional, porém ainda pequena. Como identificado na Embrapa, o coco gera alguns subprodutos, como: o óleo de coco, o coco ralado e o leite de coco. Também se pode salientar que o Brasil acabou alcançando a posição de maior produtor mundial nos últimos anos (CRUZ, 2017).

Segundo Martins (2015) de maneira geral, pequenos produtores constituem a maior fatia da produção de coco (85%), comercializando suas produções por meio de atravessadores (intermediários e terceirizados da indústria), enquanto que, os grandes produtores de coco são as próprias agroindústrias, ou então, comercializam suas produções diretamente com as indústrias processadoras.

2.5 Aspectos ecofisiológicos do coqueiro

A cultura do coqueiro é cultivada em diferentes tipos de solos: arenosos, latossolos, aluviais, vulcânicos, podzóis (FREMOND *et. al.*, 1969). De acordo com Sobral (1997) os coqueirais brasileiros são cultivados, em sua maioria, em solos do tipo areia quartzosa, nesses solos, o sistema radicular do coqueiro desenvolve-se melhor que em solos argilosos, proporcionando a exploração de maior volume de solo. Variações na disponibilidade hídrica do solo e na umidade atmosférica induzem modificações no diâmetro do caule do coqueiro devido as alterações na relação de absorção de água/ transpiração (PASSOS, 1998b).

A condição ideal de plantio para o coqueiro demanda solo silicoso ou silico-argiloso, com lençol freático entre 1 a 4 m de profundidade, enriquecido com matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio e magnésio e com pH entre 6,0 e 6,5 (CARON, 2012). A planta requer uma camada mínima enxuta de 0,60 a 1,0 m, pois a água subterrânea, próxima à superfície, assim como águas estagnadas nela lhe são desfavoráveis, enquanto que as águas em movimento,

ricas em oxigênio, são benéficas e possibilitam o seu plantio na beira do mar e na dos córregos (SENHORAS, 2004).

A distribuição do sistema radicular do coqueiro é controlada sobretudo pelo tipo de solo, umidade, práticas culturais e diferenças varietais. O coqueiro apresenta grande capacidade de adaptação do sistema radicular às condições físicas e hídricas do solo. As radículas próximas à superfície do solo são geralmente muito vulneráveis ao estresse hídrico e outras condições ambientais desfavoráveis. A ocorrência de camadas adensadas ou coesas no perfil do solo pode dificultar o desenvolvimento radicular do coqueiro. Em alguns solos, tais camadas tornam-se endurecidas quando secas e friáveis quando umedecidas. Nesses casos, a irrigação pode facilitar o aprofundamento das raízes (MIRANDA, 2003).

Os fatores climáticos interferem de diferentes modos no desenvolvimento do coqueiro, dependendo da sua localização geográfica (FERREIRA, 1997). Segundo Holanda (2007) em locais onde a evapotranspiração é elevada e a distribuição das chuvas é irregular, ocorrem déficits hídricos sazonais que afetam o desenvolvimento e a produção, condições estas que se assemelham ao Nordeste brasileiro. Para um bom desenvolvimento, a cultura do coco necessita de condições climáticas adequadas, tanto em termos hídricos quanto térmicos (SILVA, 2009). Fatores genéticos, climáticos, edáficos, culturais e fitossanitários podem limitar a produção do coqueiro, nas diferentes fases de seu desenvolvimento (PASSOS, 1998).

Os limites dos elementos meteorológicos anuais recomendados para a cultura do coqueiro são: precipitação pluvial anual acima de 1.200 mm e temperatura média anual do ar em torno de 27° C, com oscilações de amplitudes térmicas diárias entre 5°C e 7° C (PASSOS, 1997). Temperaturas mínimas diárias inferiores a 15°C modificam a morfologia do coqueiro provocando desordens fisiológicas como o crescimento e o abortamento de flores (FRÉMOND *et. al.*, 1975). Trabalho realizado por Passos e Silva (1991) mostrou que ao meio dia a temperatura mais elevada associada à baixa umidade relativa do ar provocaram maior perda de água pelo coqueiro. Em trabalho realizado por Passos (1999) verificou que temperatura elevada com baixa umidade é condição danosa para a planta que exige saturação do ar igual ou superior a 80% sem ultrapassar 90% em que as mínimas mensais não devem cair abaixo de 60%. O coqueiro requer ainda, radiação solar ou insolação acima de 2.000 horas/ano, haja vista que 1.800 horas/ano já é considerado nível crítico e qualquer sombreamento lhe é prejudicial.

2.6 Respostas do coqueiro a fatores abióticos

2.6.1 Estresse hídrico (*déficit e excesso*)

Estresse pode ser definido como qualquer condição ambiental que impeça a planta de alcançar seu potencial genético pleno (TAIZ *et. al.* 2017). A água apresenta a maior proporção do volume celular nas plantas, como na maioria dos outros organismos, e é o recurso mais limitante. Segundo Taiz; Zeiger (2004) o déficit hídrico pode ser definido como todo conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto, exibido no estado de maior hidratação. Quando esta falta de água ocorre no solo, devido a um período prolongado sem chuvas, denominamos esse período de seca (SOUSA, 2006). Um estresse causado pela seca, gradualmente intensificado, pode ser também resultado da absorção inadequada de água pelas plantas que crescem em solos muito rasos, incapazes de proporcionar um desenvolvimento pleno para o sistema radicular (LARCHER, 2000). Conforme Taiz, *et. al.* (2017) essa denominação é algo ilusório, pois uma lavoura pode absorver água do solo em situações sem chuva, dependendo da capacidade de retenção de água pelo solo e da profundidade do lençol freático.

A necessidade hídrica do coqueiro depende de vários fatores edafoclimáticos, bem como da idade da planta e da área foliar. A variedade coqueiro gigante apresenta em relação à variedade anã, baixa taxa de transpiração e maior resistência à deficiência hídrica (NOGUEIRA *et. al.*,1997). Segundo Jayasekara e Jayasekara (1993) coqueiros adultos com 150 m² de área foliar transpiram de 30 a 120 litros/dia planta, dependendo da demanda evaporativa da atmosfera e do teor de umidade do solo.

A limitação hídrica é a principal causa de redução na produtividade das espécies agrícolas e florestais, limitando o potencial e a exploração agrícola durante o período de estiagens (SILVA, 2013). As plantas tropicais podem apresentar uma variedade de respostas de aclimação metabólicas e comportamentais à seca, que inclui a acumulação de compostos osmorreguladores (açúcares, aminoácidos, potássio), mudanças na área foliar e no sistema radicular, mudanças no sistema de endomembranas, no ciclo de divisões celulares. Todas essas respostas ajudam as plantas a tolerarem períodos mais longos de estresse hídrico (SOUSA, 2006).

Dentre os mecanismos das plantas que podem contribuir para a resistência à seca e que têm sido considerados em programas de melhoramento genético, apontam-se, entre outros:

a) sistema radicular extenso ou maior relação raiz/parte aérea; b) pequeno tamanho de células; c) cutícula foliar (com maior espessura e cerosidade); d) mudanças no ângulo foliar; e) comportamento e frequência estomática; f) acúmulo de metabólito intermediário; g) ajuste osmótico; h) resistência à desidratação das células (MAGALHÃES *et. al.*, 1995)

Em algumas das plantas lenhosas, que apresentam fortes reduções em condutância estomática (gs) e transpiração (E) quando expostas ao déficit hídrico, a ascensão de seiva via xilema pode ser favorecida pela síntese ou pelo acúmulo de solutos (orgânicos e inorgânicos) osmoticamente ativos no citosol celular (NEPOMUCENO *et. al.*, 2001). Entre os compostos osmoticamente ativos mais comuns, figuram a prolina (SZABADOS; SAVOURÉ, 2010), a glicina betaína (CHEN; MURATA, 2008) e os carboidratos solúveis totais (SUDACHKOVA *et. al.*, 2002). O acúmulo desses compostos nas folhas diminui o potencial hídrico foliar (Ψ_w), o que aumenta a capacidade de absorção de água das plantas e atenua os efeitos do déficit hídrico no conteúdo relativo de água da planta (PAGTER *et al.*, 2005).

Para o coqueiro, sob seca intensa, o estreitamento do poro estomático com a finalidade de amenizar a perda de água através da transpiração pode limitar, também, a difusão de CO₂ para a câmara subestomática, condicionando menores taxas de fotossíntese líquida e aumento da temperatura foliar (PRADO *et. al.*, 2001).

Outra condição ambiental que provoca estresse nas plantas é o solo alagado, esta condição leva a falta de oxigênio para as raízes, o que provoca a morte dos tecidos radiculares por favorecer a fermentação láctica e acidose nas células, podendo também levar a redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os hormônios vegetais, principalmente o etileno e o ácido abscísico (ABA), estão ligados as mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas sob estresse hídrico ou por hipoxia. (DUTRA *et. al.* 2012)

A aplicação de água em excesso no solo pode bloquear o processo de aeração e comprometer, desta forma, o desenvolvimento das raízes (ALMEIDA, 1999). De acordo com Sousa (2011) o excesso de água é derivado, na maioria das vezes, de irrigações excessivas, de filtrações provenientes de terras mais elevadas e/ou de vazamento de águas dos canais.

Taiz *et. al.* (2017) ressalta que quando um campo é inundado, os níveis de O₂ na superfície da raiz decrescem drasticamente porque a maior parte do ar do solo é deslocada pela água, considerando que a concentração de O₂ da água é expressivamente mais baixa que a do ar: a atmosfera contém cerca de 20% de O₂ ou 200.000 ppm, em comparação com menos de 10 ppm de O₂ dissolvido no solo inundado. Segundo o mesmo autor, nessas condições a respiração

nas raízes é suprimida, e a fermentação é aumentada. Essa mudança metabólica pode provocar esgotamento de energia, acidificação do citosol e toxicidade pela acumulação de etanol. A falta de oxigênio acelera a produção do ACC (1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico) que é o precursor do etileno. O ACC é translocado da raiz para a parte aérea e na presença de oxigênio é convertido em etileno. O etileno pode levar ao alongamento caulinar, epinastia, abscisão foliar, senescência e perda de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O nível de ABA aumenta em plantas estressadas por falta de água. Acredita-se que ele estimule o fechamento estomático e diminua a relação raiz/parte aérea, devido a estimular o crescimento da raiz por reduzir a síntese do etileno e diminuir crescimento do caule, também favorece a maior abscisão de folhas (SHARP, 2002).

Quando submetido a estresse hídrico, o coqueiro apresenta redução no crescimento pela diminuição na emissão de folhas e do tamanho destas, queda prematura de folhas, retardamento do início da fase de produção, diminuição do número de flores femininas por cacho, queda de flores e frutos imaturos e redução de tamanho dos que chegam a amadurecer (MIRANDA; GOMES, 2006). Conforme Sousa *et. al.* (2011), ao se irrigar um solo de drenabilidade deficiente a nula e em regiões de baixa precipitação, este se torna salino em um período de tempo bastante curto, porque as plantas removem basicamente a água enquanto que a maior parte dos sais acaba sendo então retidas.

2.6.2 Salinidade

A utilização de águas salinas para irrigação tem aumentado à disponibilidade de água para a produção agrícola (RIBEIRO *et. al.*, 2016) e tem se tornado uma prática necessária na região semiárida devido à escassez dos recursos hídricos adequados para a irrigação (PINTO, 2017). A salinidade, tanto de solos como de águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas, em razão dos efeitos de natureza osmótica, tóxica e/ou nutricional (MARINHO, 2005). Segundo Tester e Davenport (2003) esses efeitos dependem, ainda, de outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas. Atinge a maioria dos cultivos agrícolas devido a sensibilidade que as plantas apresentam às altas concentrações de sais (HASANUZZAMAN *et. al.*, 2014). Seu efeito pode acarretar danos às culturas em todos os estágios de desenvolvimento (ZIA *et. al.*, 2011).

O estresse salino tem dois componentes: estresse osmótico não específico, que causa déficits de água e efeitos iônicos específicos resultantes da acumulação de íons tóxicos, que interferem na absorção de nutrientes e provocam citotoxicidade (TAIZ *et. al.* 2017). Segundo o mesmo autor, as plantas tolerantes ao sal, geneticamente adaptadas a salinidade, são denominadas halófitas, ao passo que as plantas menos tolerantes ao sal, não adaptadas a salinidade, são chamadas de glicófitas.

A tolerância à salinidade em plantas glicófitas, está associada à habilidade para limitar o acúmulo e/ou o transporte de íons salinos, principalmente Na^+ e o Cl^- , da zona da raiz para a parte aérea das plantas (GREENWAY; MUNNS, 1980). A maior concentração em Cl^- que de Na^+ na parte aérea, pode resultar das diferentes capacidades que essas plantas possuem de compartimentar esses íons nos vacúolos. Plantas consideradas não halófitas, parecem ser capazes de acumular Cl^- , no entanto, muitas não dispõem de mecanismos para fazer a inclusão de Na^+ nos vacúolos (MENNEN *et al.*, 1990). No caso do coqueiro, essa planta possui capacidade de armazenar íons Na^+ e Cl^- nas folhas, sendo que o Cl^- em maior proporção (SILVA JUNIOR, 2002).

O excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, ocasionando estresse osmótico, que desencadeia alterações nas relações hídricas, na absorção e utilização de nutrientes e no acúmulo de íons tóxicos (AMORIM *et al.*, 2010). Plantas sob estresse diminuem a capacidade fotossintética, bem como o crescimento (KUMAR *et al.*, 2014).

A resposta das plantas à salinidade acontece em duas fases distintas, a primeira fase ocorre na matriz do solo, e ocorre rapidamente, quando o sal atinge as raízes da planta diminuindo o potencial osmótico da relação solo-planta, afetando o crescimento da planta devido à redução da disponibilidade de água para a planta. A segunda fase ocorre lentamente, quando o sal atinge a parte aérea da planta em altas concentrações causando toxicidade, ocasionando a redução do crescimento e produtividade (MUNNS; TESTER, 2008).

Plantas tolerantes à salinidade respondem fisiologicamente de forma a minimizar os efeitos do sal. Neste sentido, há alguns compostos chamados osmoprotetores que atuam no ajuste osmótico das células. A prolina é um importante osmoprotetor encontrado nas plantas. Quando em grandes quantidades dentro da planta, não alteram negativamente o seu metabolismo e se acumulam de forma a ajustar a quantidade de água na célula vegetal, evitando perdas excessivas pelo controle do potencial osmótico (SZABADOS *et. al.*, 2011).

O aumento no acúmulo de prolina está associado aos estresses abióticos, bem como a outras substâncias, e a ação deste osmoprotetor será evidenciada dependendo da espécie e cultivar (CHICONATO, 2016).

Pomier e Brunin (1974) constataram que plantas de coqueiro, quando irrigadas com água salobra contendo 15 g L^{-1} , em condições de campo, tiveram a abertura estomática reduzida, quando comparada com plantas irrigadas com água doce.

A diminuição dos valores de condutância estomática em função da condutividade elétrica foi observada por Silva Jr. (1994), trabalhando com o coqueiro Gigante do Brasil irrigado com águas salinas e sem irrigação; os menores valores de condutância estomática foram observados, por esses autores, em coqueiros irrigados com águas salinas ($7,5$ e 15 g L^{-1}), em relação às plantas irrigadas com água de baixa salinidade.

Quando as plantas são submetidas a diversos tipos de estresses abióticos, tais como restrição hídrica, salinidade e elevação da temperatura, desenvolvem mecanismos fisiológicos e bioquímicos para diminuir os efeitos prejudiciais, entre eles está a produção de osmólitos compatíveis, como açúcares, que podem se acumular promovendo um ajuste osmótico e preservando a energia da planta (SIRINGAM *et. al.*, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O trabalho foi conduzido no distrito de Icaraí de Amontada, situado no litoral Oeste do estado do Ceará, pertencente ao município de Amontada – CE, no período de outubro de 2015 a abril de 2017. O município é distante 200 km da capital do estado, Fortaleza, com coordenadas 3°01'40'' de latitude Sul e 39°38'57'' de longitude Oeste, com altitude de 9 m em relação ao nível do mar.

O clima da região segundo Köppen é do tipo Aw – clima tropical com estação seca no inverno. Apresenta estação chuvosa no verão e outono, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. A média histórica anual de precipitação da região é de 1300 mm podendo atingir até 1.800 mm.

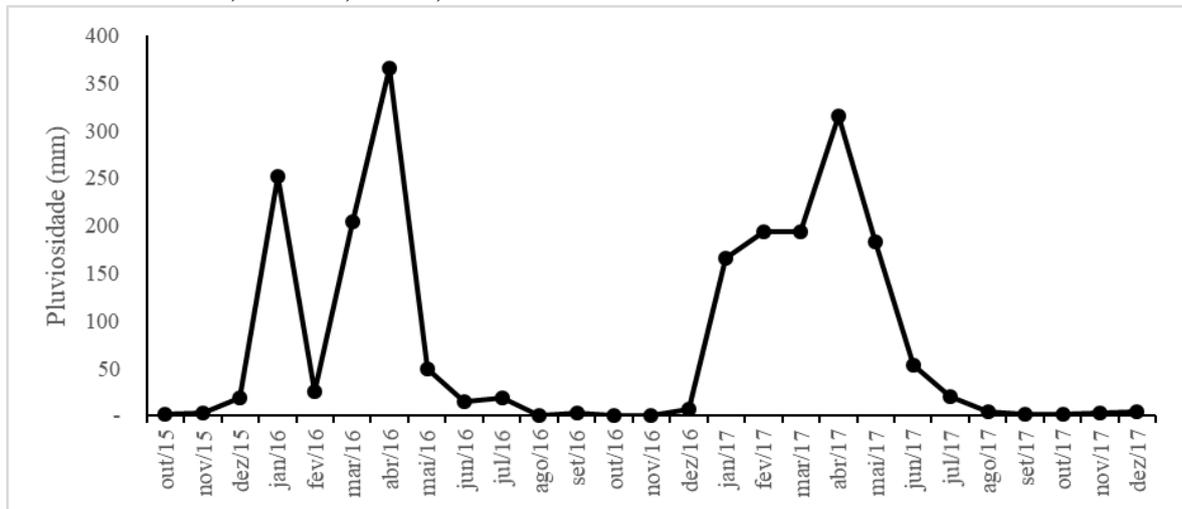
Segundo Marino (2007) o regime térmico da região de Amontada é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes reduzidas, mesmo com ocorrência de unidades geoambientais diferenciadas correspondentes ao litoral e ao sertão. A amplitude térmica anual fica, geralmente, inferior a 3°C. As temperaturas médias anuais situam-se entre 26° e 27°C. A variação é mínima, sendo o período de fevereiro a julho mais ameno, com temperaturas médias em torno de 26°C. No período de agosto a janeiro a média anual fica em torno de 27°C e o mês de dezembro indica o maior valor: 28,6°C. Em termos absolutos, as temperaturas podem elevar-se a índices superiores a 38°C.

A figura 2 mostra os dados de distribuição pluviométrica no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017. Observou-se que no período estudado, durante a estação chuvosa (novembro a abril) a pluviosidade média atingiu 145 mm. mês⁻¹ já na estação seca (maio a outubro) a pluviosidade média não atingiu 30 mm.mes⁻¹. O índice pluviométrico ocorrido no período seco caracteriza a situação de déficit hídrico nos ambientes avaliados com ausência de irrigação pois, segundo Frémont *et. al* (1975), o regime pluvial ideal para a cultura do coqueiro é caracterizado por uma pluviosidade mensal nunca inferior a 130 mm. Um período de três meses, com menos de 50 mm de chuvas por mês é considerado prejudicial ao crescimento e desenvolvimento do coqueiro, com consequências negativas na produção de até 30 meses após esse período (COOMANS, 1975)

As temperaturas máxima, mínima e média foram de 31,1°C, 22,9°C e 27,3°C na estação chuvosa; e 31,9°C, 22,4°C e 27,2°C na estação seca (Figura 3), enquanto a variação

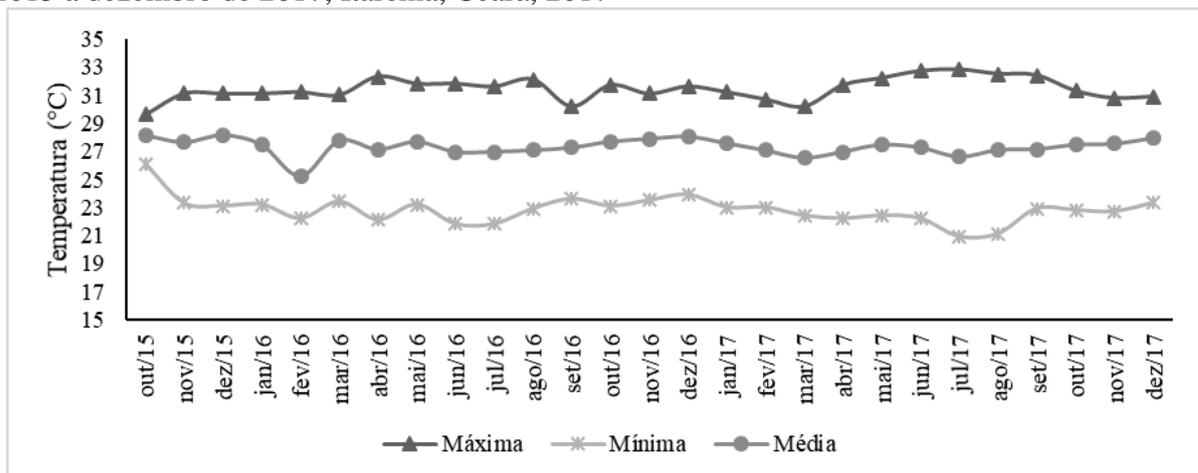
diurna da umidade relativa do ar foi em média 79,9 % na estação chuvosa e 75,7% na estação seca durante o período avaliado. A velocidade do vento média (Figura 4) na estação seca foi de $9,1 \text{ m.s}^{-1}$ e na estação chuvosa $9,0 \text{ m.s}^{-1}$, porém apresentando oscilações expressivas ao longo do período avaliado. Os dados climáticos foram fornecidos pela empresa Ducoco Litoral S.A., com estação meteorológica automática localizada no distrito de Itarema, (latitude $2^{\circ}58'28.78''\text{S}$ e longitude $39^{\circ}47'31.57''\text{O}$) com distância média de 15,34 km dos ambientes estudados.

Figura 2 – Dados de distribuição pluviométrica mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017



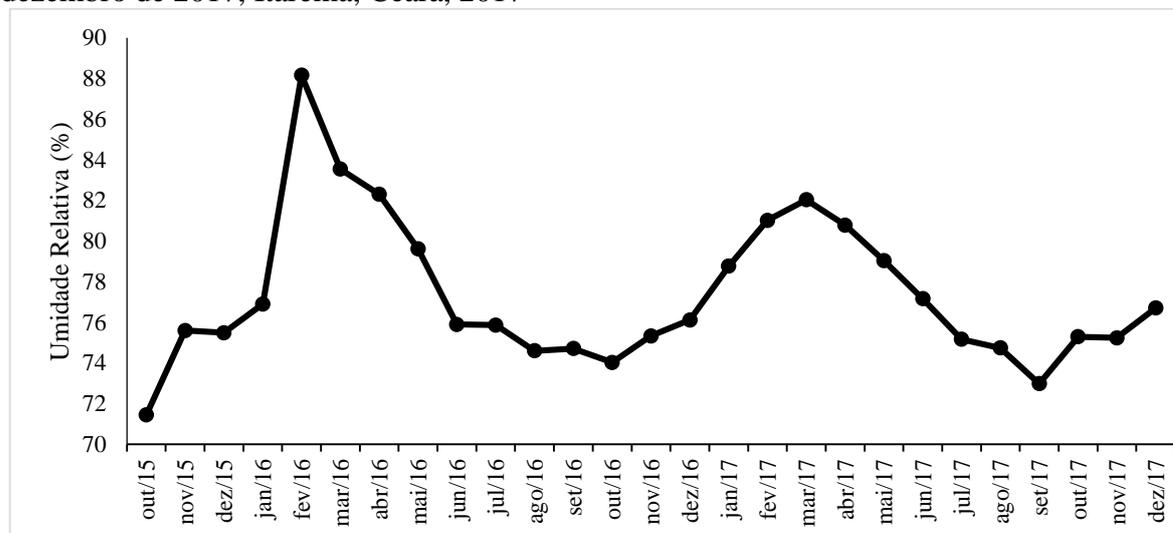
Fonte: Ducoco Litoral S.A. 2018.

Figura 3 – Dados de temperatura máxima, mínima e média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017



Fonte: Ducoco Litoral S.A. 2018.

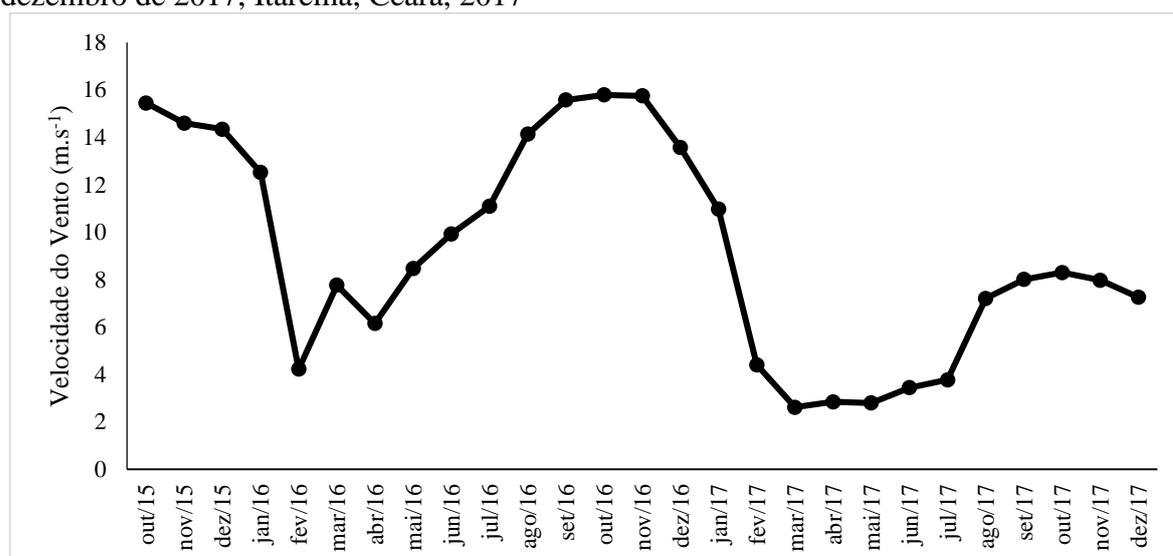
Figura 4 – Dados de umidade relativa média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017



Fonte: Ducoco Litoral S.A. 2018.

O regime eólico no litoral cearense é marcado pela ação dos ventos alísios principalmente de SE, mais ativos durante o período de julho a dezembro (Figura 5), com uma velocidade média na ordem de 8 m/s (CLAUDINO-SALES, 1993; MAIA, 1998). Os ventos alísios de NE têm menor velocidade, da ordem média de 3,5 m/s, e atuam, sobretudo, durante janeiro a junho (VASCONCELOS, 2014). Ao longo de todo o ano, ocorre ainda a penetração de alísios de E (CLAUDINO-SALES *et. al.*, 2006).

Figura 5 – Dados de velocidade do vento média mensal no período de outubro de 2015 a dezembro de 2017, Itarema, Ceará, 2017



Fonte: Ducoco Litoral S.A. 2018.

Esse setor litorâneo apresenta praias dissipativas, (são mais expostas, apresentam uma extensa região de quebraimento de ondas, onde a energia vai se dissipando, com isso na face da praia a energia de ondas é baixa com granulometria mais fina e pouca declividade) com regime de mesomarés dominado por ondas com altura média de 0,56 metros. As marés são de caráter semidiurno, ou seja, com um intervalo de 12 horas e 25 minutos entre dois níveis de maré alta, e possuem amplitude média, em maré de sizígia, de -0,20 m na baixa-mar a 3,2 m na preamar com relação ao nível médio do mar atual (DHN, 2012). Os padrões de ondas são predominantemente do tipo *sea*, com os maiores registros de entradas de ondas do tipo *swell* nos meses de março a maio. Essa distribuição está relacionada ao deslocamento da zona de convergência intertropical para sul da Linha do Equador durante os primeiros meses do ano (AGUIAR *et al.*, 2013).

3.2 Definição dos ambientes utilizados na pesquisa

O estudo foi realizado em diferentes ambientes de exploração da cultura do coqueiro no litoral Oeste do estado do Ceará, caracterizados como:

Ambiente Irrigado – situado em área localizada a 3,5 km do Oceano Atlântico com coordenadas 3° 2' 20.41" S; 39° 41' 14.30" O, elevação de 22 m;

Ambiente Sequeiro – situado em área localizada a 3,6 km do Oceano Atlântico com as seguintes coordenadas 3° 2' 41.29" S 39° 41' 5.12" O, com elevação de 24 m, ambas as áreas pertencem à empresa COHIBRA – Comércio de Cocos Híbridos do Brasil Ltda.

Ambiente Foreiro – recebeu esta denominação devido à área estar sob regime de aforamento (área repartida entre a União e o morador), próximo ao Oceano Atlântico, localizado a 70 m do nível máximo da maré com coordenadas 3° 1' 23.12" S; 39° 38' 41.07" O; IRIB (2004) denomina aforamento ou emprazamento, o domínio útil, a posse direta, o uso, o gozo e o direito de disposição sobre bem imóvel em imóveis da União (terras interiores ou terrenos de marinha), quando permitida, ocorre mediante contrato de aforamento, mediante o pagamento de renda anual (foro).

Ambiente Preamar – recebeu esta denominação devido o plantio de coqueiros estar submetido as condições de maré-cheia, área sob domínio da Marinha, localizado na Orla da Praia de Icaraiá de Amontada com coordenadas 3° 1' 24.09" S 39° 38' 45.32" O.

Figura 6 – Imagem por satélite da localização da área e ambientes de estudo. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: Google Earth (2017), adaptada pelo autor.

Os coqueiros dos ambientes Irrigado e Sequeiro estão distantes em torno de 5 km em relação aos outros ambientes avaliados e aproximadamente 3,5 km, em linha reta, do Oceano Atlântico. O ambiente Irrigado (Figura 7), dispõe de sistema de irrigação por microaspersão, sendo abastecido pelo açude da Raposa, perenizado, irrigado durante toda a estação seca, com intervalos de irrigação dependendo da precipitação pluviométrica local. Os coqueiros do ambiente Sequeiro (Figura 8) não dispõe de sistema de irrigação, sofrem déficit hídrico durante a estação seca ou nos veranicos durante a estação chuvosa.

Figura 7 – Ambiente Irrigado. Icarai de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 – Ambiente Sequeiro. Icarai de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

Os ambientes Preamar e Foreiro não dispõem de sistema de irrigação, ou seja, o desenvolvimento dos coqueiros é totalmente dependente das chuvas. Ambos estão instalados à Beira-Mar da praia de Icarai de Amontada, Ceará. O ambiente Foreiro (Figura 9) está situado

com distância média em torno de 70 m (setenta metros) em relação à distância máxima da maré, sofre déficit hídrico na estação seca. O ambiente Preamar (Figura 10), sofre influência da maré durante todo o ano, principalmente na ocorrência de maré-cheia.

Figura 9 – Ambiente Foreiro, Icarai de Amontada, Ceara, 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 10 – Ambiente Preamar, Icarai de Amontada, Ceara, 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

3.3 Caracterização biométrica das plantas

O estudo foi conduzido em áreas com plantio de coqueiros gigantes (*Cocos nucifera* L.) adultos, sendo selecionadas de forma aleatória dez plantas uteis por ambiente. No início do experimento, outubro de 2016, realizou-se medições biométricas das plantas para caracterização dos ambientes estudados (Tabela 4). Com auxílio de uma fita métrica, mediu-se a altura da planta (AP) desde sua base no solo até a última cicatriz foliar da estirpe do coqueiro. Mediu-se a circunferência da estirpe para verificação do diâmetro da estirpe (De) com distância de 150 cm em relação à superfície solo e contou-se manualmente o número de folíolos (Nf) da folha 14, para distinção biométrica média das plantas nos diferentes ambientes.

Tabela 4 – Valores médios da altura da planta (AP), diâmetro da estirpe (De) e número de folíolos (Nf) de coqueiros gigante (*Cocos nucifera* L.) em ambientes distintos de produção. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

Ambientes	AP (m)	De (cm)	Nf (Un)
Irrigado	9,01 ± 0,30	27,32 ± 0,62	222,06 ± 1,95
Sequeiro	8,43 ± 0,23	25,61 ± 0,61	214,60 ± 1,77
Foreiro	12,22 ± 0,17	25,88 ± 0,77	201,43 ± 3,38
Preamar	11,52 ± 0,41	26,24 ± 0,98	183,53 ± 3,14

*valores representam a média ± erro padrão da média;

Fonte: dados de pesquisa.

3.4 Caracterização do solo das áreas de estudo

O solo da área onde realizou-se o trabalho, foi classificado como Neossolo quartzarênico (EMBRAPA, 2013). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 – 30 e 30 – 60 cm para caracterização química e física dos diferentes ambientes. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos/Água da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) – Departamento de Ciências do Solo/UFC – Fortaleza, Ceará. Os resultados das análises químicas e físicas do solo encontram-se a seguir nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Atributos químicos do solo nos diferentes ambientes de desenvolvimento do coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L). Icarai de Amontada, Ceará, 2017¹

Ambi	Prof. cm	pH	CE _{1:1}	P	K	Ca ²⁺	Mg ⁺	Na ²⁺	H+Al ³⁺	Al	CTC	SB	V
		H ₂ O	dS.m ⁻¹	mg/ kg	----- Complexo Sortivo (cmolc/kg) -----								
Irigado	0 – 30	7,2	0,34	62,0	0,08	1,45	0,60	0,14	0,58	0,13	2,84	2,2	79
	30 – 60	6,9	0,24	9,0	0,05	0,55	0,45	0,15	0,75	0,15	1,94	1,2	61
Sequeiro	0 – 30	6,4	0,15	6,0	0,13	0,50	0,45	0,06	0,58	0,20	1,72	1,1	66
	30 – 60	6,4	0,16	1,0	0,12	0,30	0,35	0,06	0,50	0,15	1,32	0,8	63
Foreiro	0 – 30	8,1	0,43	16,0	0,09	15,6	0,85	0,15	-	-	16,6	16,0	100
	30 – 60	8,4	0,26	6,0	0,05	15,5	1,15	0,11	-	-	16,8	16,0	100
Preamar	0 – 30	8,3	0,30	3,0	0,04	15,5	1,10	0,11	-	-	16,7	16,8	100
	30 – 60	8,3	3,11	3,0	0,11	15,2	1,35	1,38	-	-	18,0	18,0	100

¹pH – potencial hidrogênioônico, CE – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; CTC – capacidade de troca de cátions; SB – soma de bases; V – saturação por bases; Classificação - Richards (1954). Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

Tabela 6 - Caracterização física do solo nos diferentes ambientes. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

Amb.	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural	Clas. Tex.	Grau de floc.	Densidade (g/cm ³)	
		Composição granulométrica (g/kg)						(g/100g)	Global	Part.
Irigado	0 - 30	708,5	278,0	9,5	4,5	1,5	Areia	70,5	1,5	2,8
	30 - 60	715,0	273,5	7,0	5,0	2,5	Areia	50,5	1,5	2,8
Sequeiro	0 - 30	790,5	174,5	24,5	10,5	3,5	Areia	68,5	1,6	2,8
	30 - 60	743,0	204,0	40,0	13,5	5,0	Areia	62,5	1,6	2,8
Foreiro	0 - 30	573,0	402,0	15,0	10,0	2,5	Areia	78,0	1,6	2,8
	30 - 60	584,5	388,0	17,5	10,5	2,5	Areia	78,0	1,6	2,7
Preamar	0 - 30	153,0	790,0	35,5	21,5	5,0	Areia	77,5	1,5	2,8
	30 - 60	135,5	802,5	40,5	21,5	3,5	Areia	82,5	1,5	2,8

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

3.5 Modelo estatístico e tratamentos

Adotou-se o modelo estatístico de medidas repetidas no tempo, em um esquema de parcela subdividida (4x4x10). Como pretendíamos caracterizar os ambientes durante os dois anos de estudo, as parcelas foram compostas pelas épocas sendo: época seca: outubro de 2015 e setembro de 2016; época chuvosa: maio de 2016 e março/abril de 2017 e as sub-parcelas compostas por quatro ambientes (Irigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar), com dez repetições referentes às 10 plantas úteis de cada ambiente.

3.6 Coleta de dados

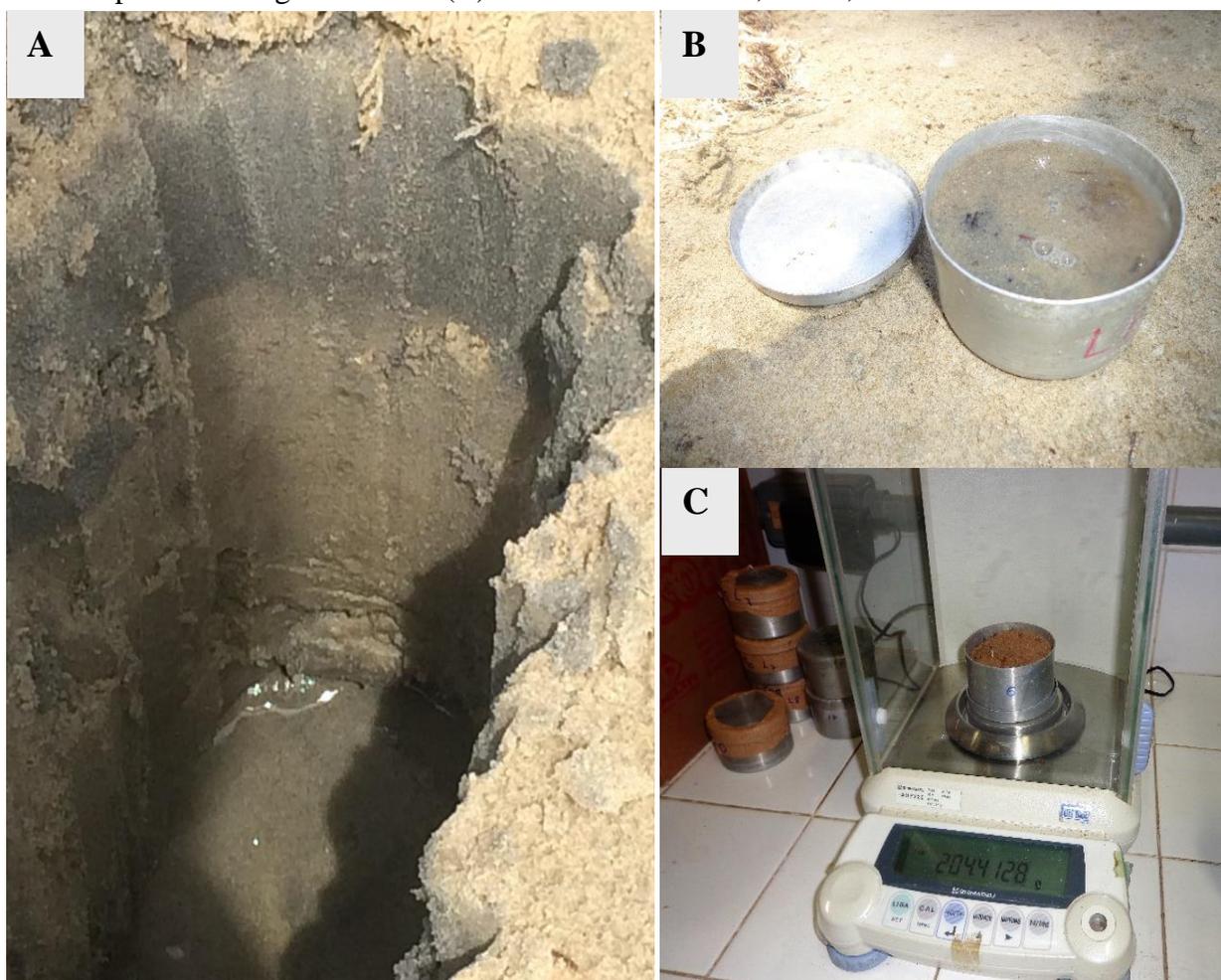
A coleta de dados foi realizada em duas épocas distintas, estação seca e chuvosa, durante dois anos, sendo as avaliações realizadas nos meses de outubro de 2015, maio de 2016, setembro de 2016 e março/ abril de 2017. Realizou-se avaliações das trocas gasosas foliares, umidade do solo, teores de Sódio e cloreto, condutividade elétrica do solo, avaliação nutricional e teores de solutos orgânicos e inorgânicos.

3.6.1 Perfil de umidade do solo

A umidade do solo foi determinada através do método gravimétrico direto, que consiste na coleta de amostras de solo em latas de alumínio identificadas e de peso conhecido (Figura 11). O material coletado foi submetido à secagem na estufa ($105\pm 5^{\circ}\text{C}$) por 48 h e posteriormente calculada a umidade em percentual, conforme metodologia proposta por Donagema (2014).

Para a coleta do material utilizou-se um trado introduzido no solo com distância de 100 cm em relação a estirpe do coqueiro (Figura 10). As amostras foram coletadas nas diferentes profundidades do solo (0 - 30 cm; 30 - 60 cm; 60 - 90 cm; 90 - 120 cm), nas duas estações distintas (seca e chuvosa). Observou-se nas coletas do período chuvoso de 2016 e 2017, no ambiente Preamar, que o trado atingia somente até a camada de 60 cm, dificultando a coleta de amostras em maior profundidade nesta estação. Observou-se a presença da rocha matriz nestas áreas e ausência de raízes dos coqueiros deste ambiente (Figura 11A).

Figura 11 - Etapas de coleta para determinação da umidade do solo. Coleta de amostra com trado no solo em ambiente Preamar (A), amostra de material coletado (B), pesagem de material coletado para análise gravimétrica (C). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor

3.6.2 Condutividade elétrica do solo e de marés

A condutividade elétrica do solo nos diferentes ambientes foi determinada através do extrato aquoso (CE 1:1) na proporção de solo e água (massa:volume); conforme metodologia proposta por Souza (2013). Para isto, foi pesado 100 g de terra fina seca, em tubos apropriados nos quais foram adicionados 100 ml de água destilada para manter a proporção. Os conjuntos tubo-solo-água foram agitados com bastão de vidro, em movimentos circulares, em intervalos de 15 minutos e deixadas em repouso durante 24 h, após esse período realizou-se as leituras de condutividade elétrica, com o auxílio de um condutivímetro de bancada da marca Quimis®.

Com o auxílio de um trado, realizou-se aberturas de perfil do solo nas condições de maré baixa e alta para determinação da condutividade elétrica e profundidade de nível da água

em relação à superfície do solo, somente no ambiente Preamar, para verificação da influência da maré em relação a condutividade elétrica. Utilizou-se um condutivímetro portátil inserido diretamente ao solo e trena para verificação da profundidade máxima do nível da água em relação à superfície das plantas neste ambiente.

3.6.3 Teores de Na e Cl nas superfícies foliares

Devido os coqueiros estarem alocados no litoral, em áreas próximas ao Oceano, é importante verificar se há presença de sais principalmente na superfície dos folíolos dos coqueiros, proveniente da deriva dos ventos. Com base nessa hipótese, amostras do terço médio central dos folíolos da folha 14 (quatorze) geralmente indicada para avaliação do estado nutricional das plantas (FERREIRA *et. al.*, 1997) foram coletadas, em dez plantas uteis, nos quatro ambientes, nas duas épocas do ano. O material vegetal coletado foi mantido em repouso, em frascos com 40 mL de água destilada, hermeticamente fechados, durante 20 min. e posteriormente retirados. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e levados a estufa a 65° por 48h para obtenção do peso seco. A água proveniente do material emergido, foi mantido sob refrigeração a 4°C para manutenção das propriedades.

Figura 12 - Etapas de coleta para determinação dos teores de Na e Cl nas superfícies foliares. Coleta de amostra de folha no terço médio central da folha 14 (A), garrafas contendo água destilada (B), material vegetal acondicionado em garrafa com água destilada (C), retirada do material vegetal para obtenção do peso seco (D). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: elaborada pelo autor

Os teores de sódio (Na^+) da solução aquosa, foram determinados, sob temperatura ambiente, com o auxílio de um fotômetro de chama [Micronal, modelo B462 (São Paulo, São Paulo, Brasil), obedecendo à metodologia proposta por Malavolta (1997). Os teores obtidos dos íons de sódio (Na^+) foram expressos em mg kg^{-1} de matéria seca.

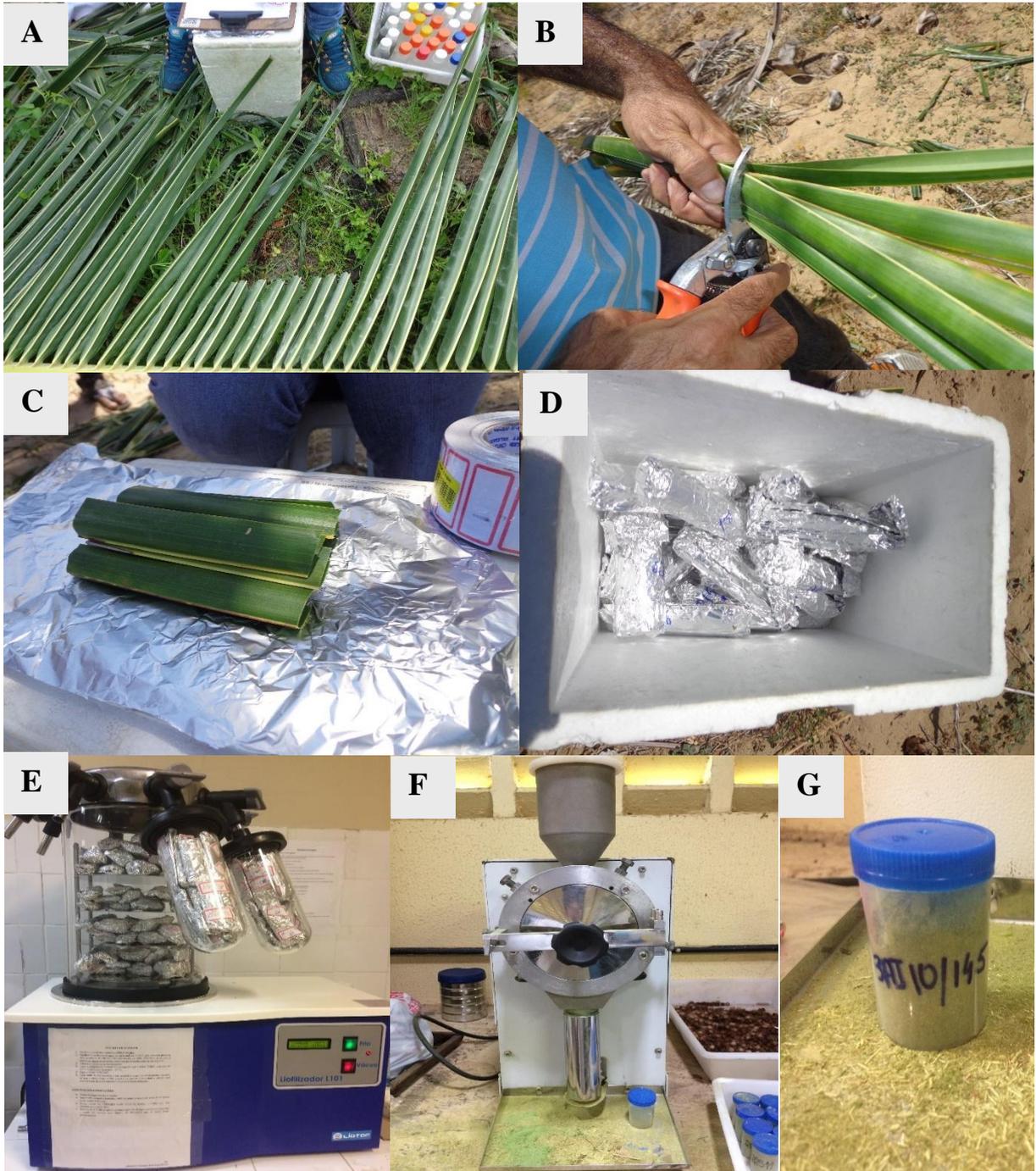
Os teores do íon cloreto (Cl^-) da solução aquosa foram determinados de acordo com o método recomendado por Gaines, Parker e Gascho (1984). Para 1,0 mL da solução aquosa, adicionaram-se 0,167 mL da mistura de reação formada por tiocianato de mercúrio [$\text{Hg}(\text{SCN})_2$] a 13,2 mM, em metanol a 100%, e nitrato férrico [$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$] a 20,2% (p/v), em água deionizada, na proporção de 4:1. As amostras foram agitadas e permaneceram em repouso por 15 minutos, sendo os teores do íon cloreto estimados através de leituras de absorbância de 460 nm, utilizou-se como branco, água deionizada e os demais componentes da mistura de reação. Para a elaboração da curva padrão foram utilizadas soluções com

concentrações crescentes de NaCl. Os teores obtidos do íon cloreto (Cl⁻) foram expressos em mg kg⁻¹ de matéria seca.

3.6.4 Estado nutricional dos coqueiros

Amostras foliares das dez plantas úteis de cada ambiente, foram coletadas para obtenção do estado nutricional. As coletas foram realizadas nas duas épocas de avaliação (seca e chuvosa) mediante a retirada da folha 14. Em cada folha foram coletados seis folíolos intactos da parte central da ráquis, escolhendo-se 3 de cada lado, aproveitando-se os 10 cm centrais, eliminando-se as bordas (Figura 13). O material vegetal coletado foi envolvido no papel alumínio, devidamente identificado, e imediatamente congelado em nitrogênio líquido (-196°C), com o intuito de aproveitar o material para realizar análises bioquímicas. (Figura 13). Em seguida, o material vegetal foi transportado em ambiente refrigerado para o Laboratório de Relações Solo-Agua-Planta do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, onde foi submetido ao processo de liofilização. Posteriormente, o material vegetal foi moído em moinho do tipo Wiley para obtenção do pó. Armazenou-se o pó liofilizado a -4°C em tubo hermeticamente fechado. As determinações dos teores foliares de N, P, K, Na e Cl, foram realizadas em extrato nítrico-perclórica. O Cl foi determinado através de extrato aquoso, por colorimétra, conforme metodologia proposta por GAINES et. al. 1984. Para determinação do teor de N utilizou-se a extração sulfúrica, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitt e Oliveira, (1997).

Figura 13 - Etapas de coleta de folhas para determinação dos teores foliares dos coqueiros. Retirada de folíolos na parte central da folha 14 (A), corte de em torno de 10 cm dos folíolos centrais (B), folíolos retirados para acondicionamento em papel alumínio (C), folíolos acondicionados em isopor com nitrogênio líquido (D), amostras coletadas de folhas de coqueiro em liofilizador (E), amostras sendo trituradas em moinho (F), material vegetal triturado (G). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: elaborada pelo autor

3.6.5 Trocas gasosas foliares

Nas dez plantas escolhidas de cada ambiente, realizaram-se medições da taxa de assimilação de CO₂ (*A*) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (*E*) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e condutância estomática (*gs*) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na região mediana da folha número 14, totalmente expandida. Foi utilizado um analisador de gás no infravermelho (IRGA, modelo LI-6400XT, Licor), em sistema aberto, com fluxo de ar de 500 mL min⁻¹. As leituras foram realizadas entre 8:00 e 11:00 horas, utilizando-se uma fonte de radiação artificial com intensidade de 1600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, e sob condições naturais de temperatura e concentração de CO₂. A partir dos dados das trocas gasosas foram calculadas a eficiência momentânea do uso da água, pela relação *A/E*, e a eficiência intrínseca do uso da água, pela relação *A/gs*.

Figura 14 - Etapas de coleta para determinação das trocas gasosas foliares. Escolha e retirada da folha 14 (A), leitura das trocas gasosas foliares em aparelho IRGA (B). Icaraí de Amontada, Ceará, 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

3.6.6 Teores de carboidratos solúveis totais e prolina

Os extratos para a determinação dos solutos orgânicos foram obtidos de acordo com o método de Cataldo *et al.* (1975), com pequenas modificações. Amostras de 100 mg do pó liofilizado anteriormente, dos folíolos das plantas uteis foram utilizadas individualmente para o preparo de extratos, mediante a homogeneização das amostras com 5 mL de água deionizada, sendo o extrato mantido a 75 °C em banho-maria, durante 1 h, com agitações a cada quinze minutos. Transcorrido este tempo, o material foi centrifugado a 3.000x g por 10 minutos, a

temperatura ambiente e ao final do referido processo, coletou-se o sobrenadante, sendo filtrado e armazenado em tubos de vidro devidamente identificados e conservados em frascos de vidro a -25 °C.

Os carboidratos solúveis totais foram determinados segundo a metodologia preconizada por Dubois *et. al.* (1956). A mistura de reação foi constituída por 0,125 mL do extrato convenientemente diluído, 0,125 mL de fenol a 5% e 0,625 mL de ácido sulfúrico concentrado. Utilizou-se como branco a mistura formada por 0,125 mL de água destilada em substituição ao extrato, acrescida dos demais reagentes empregados na reação. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso à temperatura ambiente por 20 min, para o seu resfriamento. Em seguida, procedeu-se à quantificação dos carboidratos solúveis através das medidas de absorvância em 490 nm, utilizando-se como padrão uma curva feita com a D⁽⁺⁾ glicose anidra.

Em situações que os vegetais são submetidos ao estresse salino, as plantas iniciam um mecanismo de ajuste osmótico para manter a turgidez das células (GUERZONI *et al.*, 2014). Este ajuste pode ser realizado por alguns compostos que as plantas comumente produzem em situação de estresse, entre eles a prolina, (GNANCADJA *et al.*, 2011). Em virtude disto, e para verificação da presença deste ajuste na planta, a concentração de prolina livre foi determinada de acordo com Bates, Waldrene Teare (1973). Em uma alíquota de 1,0 mL do extrato, convenientemente diluído com o tampão de extração, adicionou-se 1,0 mL do reagente nihindrina ácida (1,25 g de nihindrina, dissolvida em 30 mL de ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico a 6 M e 1,0 mL de ácido acético glacial). Os tubos de ensaio foram hermeticamente fechados e, após homogeneização da mistura de reação, foram deixados em banho-maria com água fervente. A reação foi interrompida colocando-se os tubos de ensaio em banho de gelo. Após o resfriamento, adicionou-se 2,0 mL de tolueno ao meio de reação. Após agitação vigorosa da solução, a fase superior menos densa (cromóforo + tolueno) foi aspirada com o auxílio de uma pipeta Pasteur e submetida à leitura de absorvância de 520 nm, sendo o tolueno utilizado como branco. A concentração de prolina livre foi estimada com base em uma curva padrão, ajustada a partir de concentrações crescentes de prolina, sendo expressos em $\mu\text{mol.g}^{-1}$ de matéria seca.

3.7. Análises Estatísticas

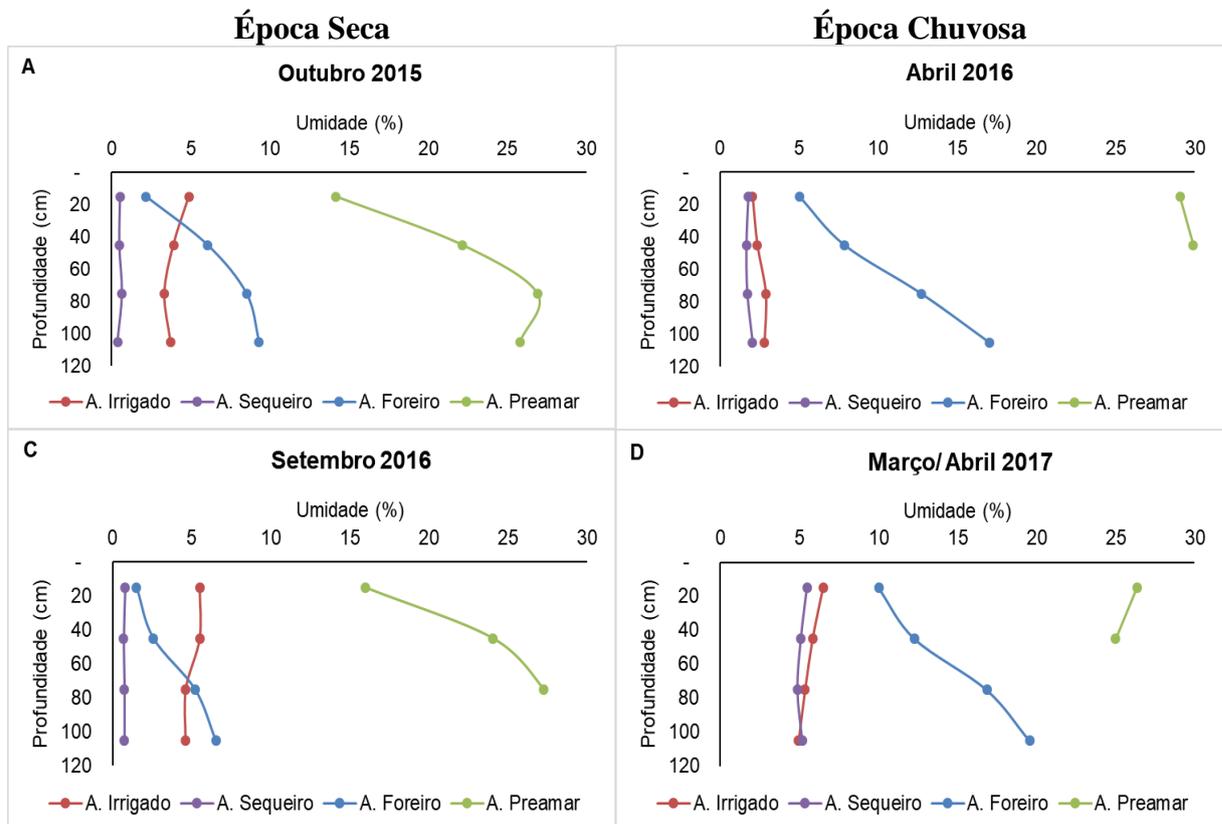
Os dados obtidos foram avaliados e submetidos a uma análise de variância com observações repetidas no tempo. No que diz respeito aos efeitos significativos de fatores isolados e interações aplicou-se o teste Tukey de comparação de médias a 5% de probabilidade utilizando o software estatístico ASSISTAT (SILVA, 2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil de umidade do solo

Os perfis de umidade do solo nos ambientes avaliados (Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar) na época seca (outubro de 2015 e setembro de 2016) e chuvosa (abril de 2016 e março/ abril de 2017) encontram-se na Figura 15, expressos através da média das camadas avaliadas.

Figura 15 – Perfil da umidade do solo nas épocas seca e chuvosa do ambiente Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar, plantados com coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.). Icaraí de Amontada, Ceará 2017



Fonte: Elaborada pelo autor.

De modo geral, as maiores variações no perfil de umidade do solo se verificaram nos ambientes Foreiro e Preamar, nas quatro avaliações realizadas, tanto na época seca como chuvosa. Acredita-se que devido estes ambientes estarem sujeitos a presença de marés, no caso do ambiente Preamar, e lençol freático pouco profundo, no caso do ambiente Foreiro, ambos suportem melhor as situações de déficit hídrico nas épocas secas durante o ano.

O ambiente Foreiro desenvolve melhor capacidade de adaptação ao ambiente tendo em vista que há disponibilidade de água nas camadas mais profundas, como mencionado anteriormente, constatando-se devido os acréscimos de umidade do solo ao longo do perfil. A umidade do solo, atingiu valores médios em torno de 1,5% e 1,8% na camada superficial 0 - 30 cm e nas camadas profundas 90 – 120 cm valores de 9,6% e 6,5% nas épocas secas (outubro de 2015 e setembro de 2016). Na época chuvosa (abril 2016 e março/ abril/2017) a umidade do solo, atingiu valores médios em torno de 5,0% e 10,2% na camada superficial 0 - 30 cm, nas camadas mais profundas 90 – 120 cm, valores de 17,0% e 19,5% nas camadas mais profundas. O incremento médio de umidade entre a época seca e chuvosa para este ambiente foi de 24% na camada superficial e 43% na camada mais profunda, constatando-se que na época chuvosa a precipitação pluviométrica determina a ascensão do lençol freático, favorecendo o melhor desenvolvimento das plantas, onde as raízes buscam água em profundidade, além deste ambiente ser caracterizado como área de restinga que se destacam pelas grandes áreas que ocupam e pela formação de um ecossistema que possui íntima relação com o mar. Segundo Barcelos (2011) áreas de depressões próximas ao mar possuem um afloramento periódico do lençol freático. Segundo Fontes et. al. (2015) a variedade de coqueiro gigante possui uma maior rusticidade e maior tolerância às deficiências hídricas e ambientais.

Meireles (2002) menciona que apesar do litoral possuir um clima tropical sub-úmido, a maior parte de sua bacia, incluindo suas nascentes, estão inseridas no domínio climático do semi-árido. Tal fato leva à percepção de que o fluxo hídrico à montante da planície flúvio-marinha possui um regime intermitente, estando a permanência de sua drenagem diretamente influenciada pelos períodos de chuva.

Maior percentual de umidade do solo verificou-se no ambiente Preamar, variando de 14,2% a 25,8% de umidade ao longo do perfil na época seca (Figura 15A e C), e de 15,9% a 27,3% na época chuvosa (Figura 15B e D). Observou-se na época seca, à medida que aumenta a profundidade das camadas a umidade do perfil também aumenta, identificando o rápido secamento da camada superficial. Nas épocas chuvosas, a umidade nesse ambiente foi obtida apenas nas duas primeiras camadas, devendo-se ao fato das elevadas marés, bem como o carreamento de solo devido as chuvas no período ter diminuído o nível de solo neste ambiente, promovendo o encontro da rocha matriz próxima à superfície. Meireles (2002) evidencia que no período chuvoso, há um intenso fluxo hídrico superficial, decorrente das chuvas torrenciais, carreando uma grande carga de sedimentos e nutrientes.

O movimento das massas de água, pela ação das marés, constitui o agente principal de transporte de sedimentos (MEIRELES, 2002). Estes são distribuídos na zona intermaré desde o nível baixo da maré, ao nível de preamar, dando lugar a três setores em que os processos dominantes passam de transporte por carga de fundo ao transporte em suspensão: durante a entrada da maré os sedimentos de tamanho areia são transportados por processos de carga de fundo; os depósitos de sedimentos finos estão associados a velocidades mínimas ou períodos de retenção de águas, na estufa da maré; um setor intermediário está relacionado com o início do período de refluxo, quando inicia-se o transporte de sedimentos pendente abaixo e uma mínima parte dos sedimentos é posta outra vez em suspensão, por correntes relativamente pequenas de refluxo (REINECK; WUNDERLICH, 1968; citado por MORAIS, *et al.*, 1988).

Esses resultados de umidade no perfil do solo evidenciam que as plantas de coqueiros nesse ambiente podem estar submetidas ao estresse por excesso de água, pelo menos de forma transiente, considerando as variações na quantidade de chuvas ao longo do ano bem como as variações na altura das marés.

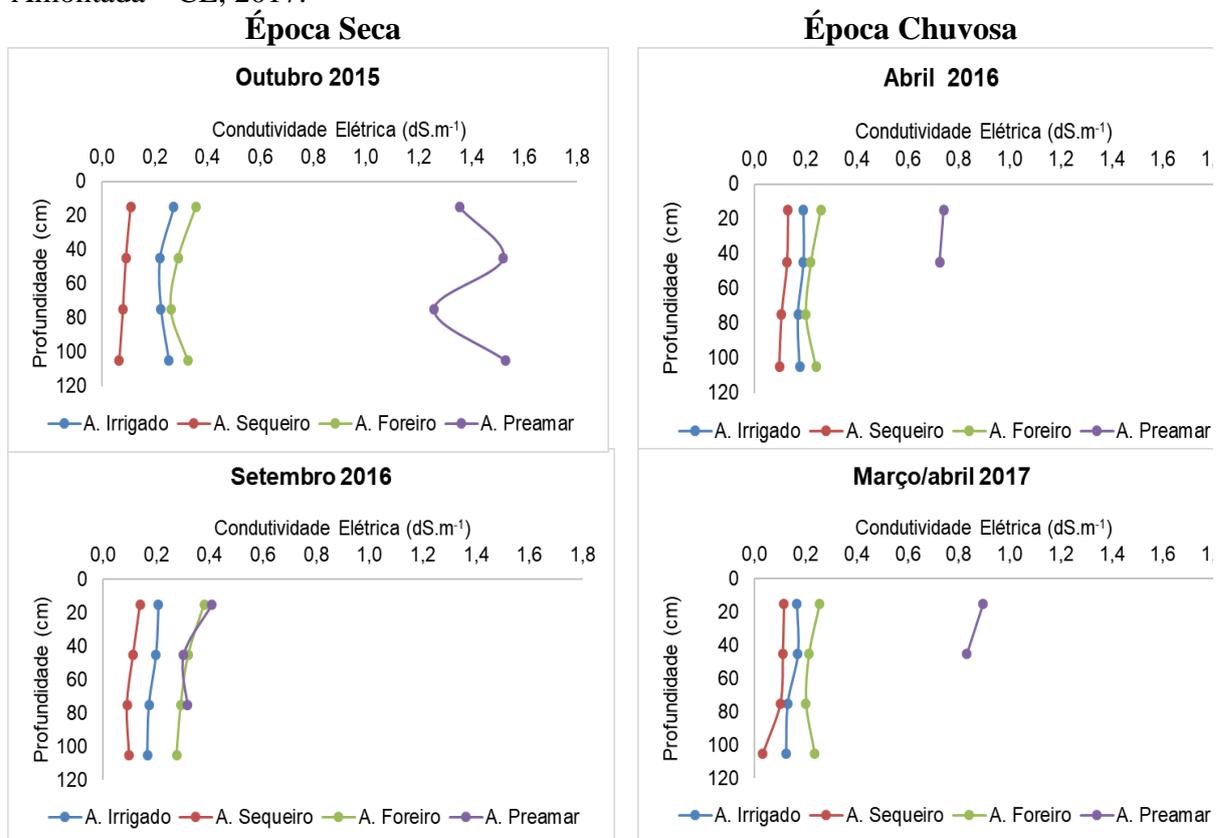
O solo no ambiente Irrigado apresentou percentuais de umidade na época seca em torno de 5,7% na camada superficial 0-30 cm e 4,17% nas camadas mais profundas 90 – 120 cm (Figura 15A e C). Na época chuvosa os percentuais médios de umidade na camada superficial chegaram 4,3% e nas camadas profundas 90 – 120 cm 3,9% (Figura 15B e D). Verificou-se na época seca maiores percentuais de umidade presentes na camada superficial devido à presença de irrigação no plantio. A menor umidade no ambiente Irrigado se deu no mês de abril de 2016, pelo fato da irrigação ter sido suspensa nesse período, a empresa não realiza irrigação suplementar, por se tratar de coqueiros gigantes, conforme informado quando a irrigação da área atinge 400 mm as irrigações são suspensas e a quantidade de chuva ter sido menor que nos demais anos.

O solo do ambiente Sequeiro apresentou os menores valores de umidade nas medições realizadas na época seca, com valores bem inferiores aos observados no ambiente Irrigado (Figura 15A e C). Este ambiente de produção obteve teores médios de umidade do solo na época seca de 0,6% nas camadas superficiais 0-30 cm e 0,57% nas camadas mais profundas 90-120 cm. Nas coletas realizadas na época chuvosa, as camadas superficiais 0-30 cm atingiram uma média de umidade em torno de 3,6% e nas camadas mais profundas 90 – 120cm de 7,23% (Figura 15B e D). Os resultados mostram que ocorre um déficit hídrico acentuado para plantas de coqueiro no ambiente de Sequeiro durante a estação seca, evidenciado pelo baixo teor de umidade até a profundidade de 120 cm.

4.2 Perfil de condutividade elétrica do solo e das marés

Os perfis de condutividade elétrica do solo nos ambientes avaliados (Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar) na época seca (outubro de 2015 e setembro de 2016) e chuvosa (abril de 2016 e março/ abril de 2017) encontram-se na Figura 16, expressos através da média das camadas avaliadas.

Figura 16: Perfil da condutividade elétrica do solo $CE_{1:1}$ nas épocas seca e chuvosa dos ambientes Irrigado, Sequeiro, Foreiro e Preamar, plantados com coqueiro gigante. Icaraí de Amontada – CE, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor

De modo geral, os valores do ambiente Preamar se destacam como os maiores observados, seguidos dos ambientes Foreiro, Irrigado e Sequeiro (Figura 16). Porém, os valores são baixos e devem ser avaliados com cautela, considerando-se a metodologia empregada na obtenção da condutividade elétrica, ser a única disponível no momento das avaliações. A utilização do extrato solo água, com relação 1:1 (massa;volume) promove uma diluição muito maior nos sais, quando comparada à metodologia tradicional de determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (RICHARDS, 1954). Essa discrepância é ainda mais evidente

para solos arenosos, nos quais a umidade de saturação é muito baixa, podendo a CE1:1 ser de 4 a 5 vezes menor do que se fosse obtida no extrato de saturação do solo.

Os dados de condutividade elétrica do solo, apresentam alterações de comportamento nas diferentes camadas de solo na época seca para o ambiente Preamar. Na avaliação da época seca em outubro de 2015 (Figura 16A) o comportamento da condutividade elétrica assumiu oscilações no decorrer do perfil, com menores índices nas camadas 0 - 30 cm; 60 - 90 cm com $1,356 \text{ dS m}^{-1}$; $1,266 \text{ dS m}^{-1}$ e acréscimos de condutividade elétrica nas camadas 30 - 60 cm e 90 - 120 cm com $1,523 \text{ dS m}^{-1}$ e $1,535 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Em contrapartida, em avaliação realizada no mesmo ambiente para a mesma época seca de 2016 (Figura 16 C), houve decréscimos consideráveis de condutividade para o mesmo ambiente, em torno de 69,8%; 80,1% e 74,9% nas camadas 0-30 cm; 30 - 60 cm; 90 - 120 cm respectivamente. Observa-se na figura a ausência de dados para a camada de 90 - 120 cm, isto deve-se ao elevado teor de umidade, que se verifica também nas camadas de 60 - 90 cm e 90 - 120 cm para o mesmo ambiente na época chuvosa.

As diferenças na profundidade da água e o teor de sais no solo no ambiente Preamar podem ser explicadas, em parte, pela ocorrência de chuvas e pelas variações na altura das marés. Souza Filho e Paradella (2002); Souza Filho e Paradella (2003) evidencia que o regime de macromarés semi-diurnas na região induz a formação das correntes de marés e exerce um importante papel na circulação local, influenciando fortemente o transporte sedimentar litorâneo. Constituindo, um fator bastante importante nas variações morfológicas da linha de costa, principalmente, durante as marés equinociais de sizígia (BARBOSA, *et. al.* 2007). Outro dado importante é que a presença de deposição fluvial durante as baixas marés (ocasião da realização das coletas) acarreta na diluição dos sais presentes nos solos de Preamar, o que diminui a sua concentração nesses períodos. Como também, as águas subsuperficiais acumuladas nos aquíferos, provocam a solubilidade dos sais nas áreas de encontro das marés com o aquífero subterrâneo.

Dados coletados em dias de maré alta e baixa evidenciam diferenças claras na salinidade e no nível da água, sendo que nos dias de maré alta a lâmina de água está mais próxima da superfície do solo e o nível da salinidade da água que alcanças as raízes dos coqueiros no ambiente Preamar é muito superior ao valor observado nos dias de maré baixa (Tabela 7). Isso indica a ocorrência de estresse transiente tanto pelo excesso hídrico como pela elevada salinidade em dias de maré alta, por apresentarem caráter semidiurno, ao qual se repete inúmeras vezes, a cada 12h e 25 minutos ao longo do ano.

Tabela 7 – Valores de condutividade elétrica e profundidade do nível da água em relação à superfície, no ambiente Preamar, em condições de maré baixa e alta. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

Condição da maré	CEa (dS m ⁻¹)	Profundidade (cm)
Baixa	1,1 ± 0,1	64,7 ± 2,4
Alta	12,9 ± 1,7	34,7 ± 2,1

*valores representam a média ± erro padrão da média; dados coletados em duas datas para condição de maré. Fonte: dados de pesquisa.

O ambiente Foreiro, apesar de estar a pouco de mais de 20 m de distância do ambiente Preamar, apresenta pouca semelhança com este último ambiente em termos de variações da salinidade (Figura 16). Excetuando-se os valores da época seca de 2016 (Figura 16C), se observa que os resultados do ambiente Foreiro se assemelham mais com o ambiente Irrigado, com valores ligeiramente maiores para o primeiro. Isso pode ser explicado, em parte, pela elevação dos teores de umidade nas camadas mais profundas do ambiente Foreiro (Figura 15), em comparação com o ambiente Irrigado, que pode resultar em pequeno acúmulo de sais no solo, os quais são facilmente lavados durante a época das chuvas.

O ambiente Sequeiro obteve os menores índices de condutividade, em todas as épocas avaliadas (Figura 16), o que pode ser explicado pela ausência de tratamentos culturais e adubação nas plantas. Além disso, deve-se considerar também a elevada quantidade de chuvas que ocorre na região e o fato do solo ser de textura arenosa, fatores que favorecem a lixiviação dos sais no perfil do solo. Por outro lado, o ambiente Irrigado obteve comportamento de condutividade intermediário em relação ao ambiente Sequeiro e Foreiro em todas as épocas avaliadas assumindo valores mínimos e máximos de 0,123 dS/m⁻¹ na camada de 90-120 cm na época chuvosa (Figura 16B e D) e 0,271 dS/m⁻¹ na camada superficial, na época seca em setembro 2016 (Figura 16A). Embora no ambiente Irrigado haja a existência de tratamentos culturais e adubação, observou-se reduzidos valores de CE para este ambiente, indicando reduzidos incrementos de fertilizantes, devido principalmente o solo da região não apresentar condições favoráveis para retenção de cátions.

4.3 Teores de Na e Cl nas superfícies foliares

Os teores de sódio e cloreto variaram em função da época e ambiente avaliados, sendo que para o cloreto a interação entre os fatores foi significativa (Tabela 8).

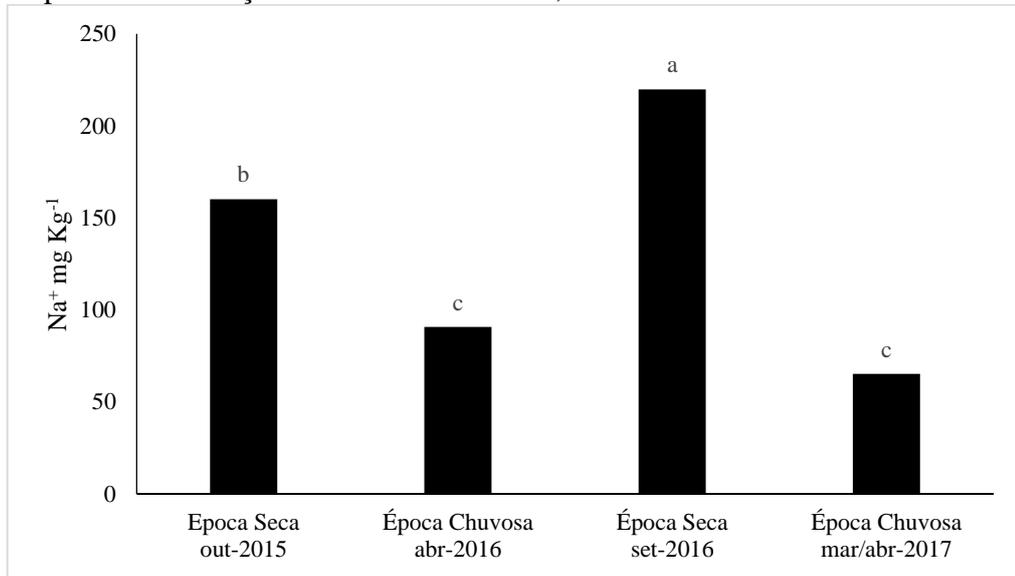
Tabela 8: Resumo da análise de variância para as variáveis, sódio (Na) e cloreto (Cl), em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

F.V.	GL	Quadrados Médios	
		Na	Cl
Ambiente - a	3	195751,9**	5994,41**
Resíduo	36	6758,3	111,69
Época - b	3	69088,01**	5844,53**
a x b	9	6678,95 ^{ns}	2279,73**
Resíduo - b	108	10342,92	130,78
Total	159		
CV a %		61,35	67,57
CV b %		75,9	73,12

G.L – graus de liberdade; (a) – ambiente; (b) – época; CV – coeficiente de variação; **, *,^{ns} – significativo pelo teste tukey a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

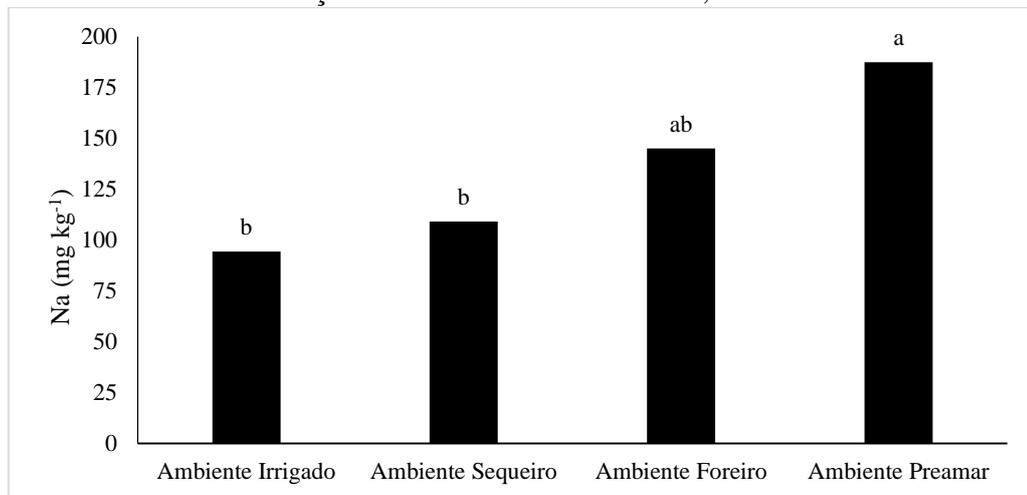
Os teores de Na⁺ foram maiores na época seca, independente do ambiente de estudo, e decresceram na época das chuvas (Figura 17). Isso sugere o acúmulo desse íon em decorrência da maresia tendo em vista que na época seca, os ventos dessa região atingem a velocidade de até 15 m/s. A redução desse íon no período chuvoso está associado a redução da presença do vento além da lavagem das folhas causadas pelas chuvas. Comparando-se os ambientes verifica-se que a proximidade do mar resultou em maiores valores de sódio, com as maiores médias sendo verificados no ambiente Preamar. Porém estatisticamente semelhantes à média das plantas no Foreiro (Figura 18). Os ambientes de Sequeiro e Irrigados, apesar de estarem cerca de 3 km de distância do oceano, mostram acúmulo de sódio nas superfícies foliares, embora em valores muito menores que os observados nas plantas localizadas no Preamar e Foreiro.

Figura 17 – Teor de Sódio na superfície da folha em coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará 2017



Médias seguidas da mesma letra não diferem dentre entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa.

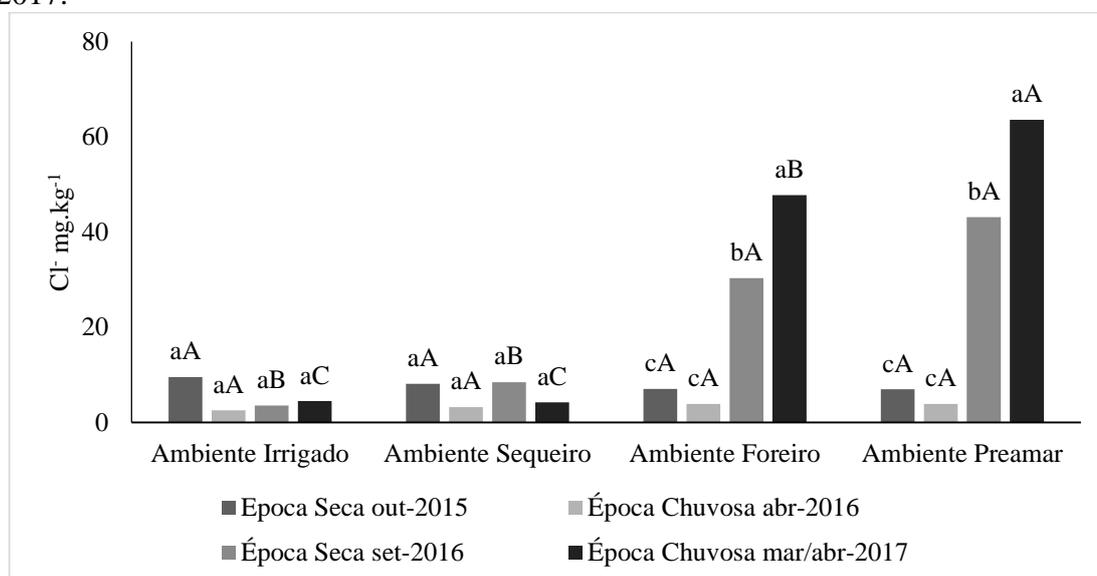
Figura 18 – Teor de Sódio na superfície da folha em coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icarai de Amontada – CE, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem dentre entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa.

Assim como se observou para o Na, os teores de Cl foram mais elevados nos ambientes localizados próximo ao mar, porém, isso se verificou apenas nas duas últimas avaliações, realizadas na estação seca de 2016 e na estação chuvosa de 2017 (Figura 19). Se observa ainda que os valores são bem superiores que os de Na⁺, não se observando diferenças entre os ambientes Preamar e Foreiro. Diferentemente do Na, não ficou clara os processos de acúmulo e lavagem associados com a ocorrência de maresia e de chuvas.

Figura 19 – Teores cloreto na superfície da folha em quatro ambientes de desenvolvimento de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre ambientes) e maiúsculas (entre épocas)
Fonte: dados de pesquisa.

4.4. Estado nutricional das plantas

Os resultados da ANOVA apresentados na Tabela 9, mostram que nas avaliações nutricionais os teores de nitrogênio, fosforo, potássio, sódio e cloreto, foram influenciados pelos fatores isolados (ambiente e época), sendo que a interação entre os fatores foi significativa apenas para o cloreto.

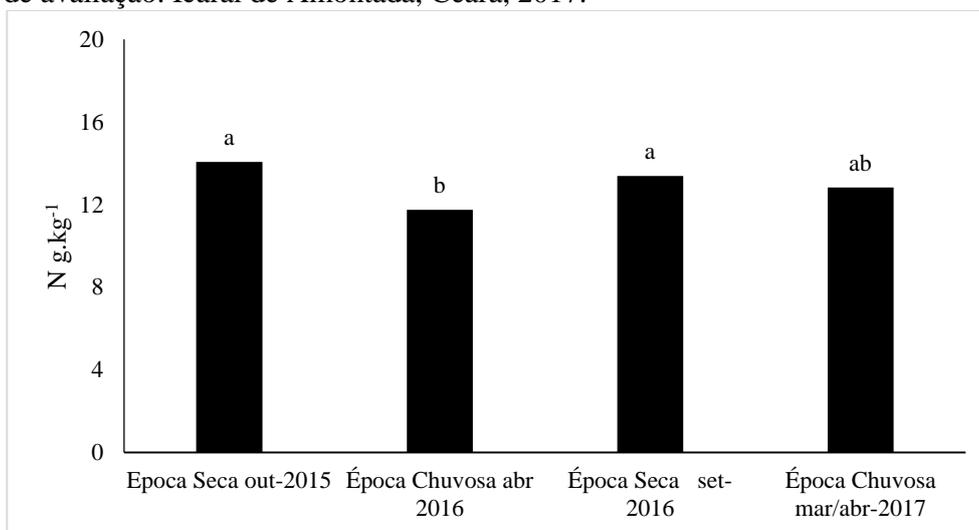
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para as variáveis: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Sódio (Na), Potássio (K) e Cloreto (Cl) em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		N	P	Na	K	Cl
Época – (a)	3	19,09**	0,041 ^{ns}	4,94 ^{ns}	24,98**	9481,30**
Resíduo	16	2,3	3,55	6,88	3,88	413,49
Ambiente – (b)	3	106,32**	1,96**	96,24**	249,20**	1630,97 ^{ns}
a x b	9	4,77 ^{ns}	2,34 ^{ns}	6,78 ^{ns}	6,08 ^{ns}	1437,59*
Resíduo – b	48	3,54	2,21	4,11	5,96	603,16
Total	79					
CV a %		11,68	16,44	57,24	20,64	13,76
CV b %		14,47	12,97	44,27	16,28	16,62

G.L – graus de liberdade; (a) – época; (b) – ambiente; CV – coeficiente de variação; **, *, ^{ns} – significativo pelo teste tukey a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Para os teores foliares de nitrogênio, foram verificados valores máximos absolutos de 14,1 e 13,4 g kg⁻¹ de N nas épocas secas de 2015 e 2016 (Figura 20), respectivamente não diferindo estatisticamente da época chuvosa de mar/abr 2017. Os menores valores de N foram verificados na época chuvosa de abril de 2016, podendo-se atribuir esse decréscimo a translocação de N para os frutos, tendo em vista o aproveitamento deste período para as plantas de coqueiro restabelecer seu metabolismo celular.

Figura 20 – Teor de nitrogênio em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L) em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



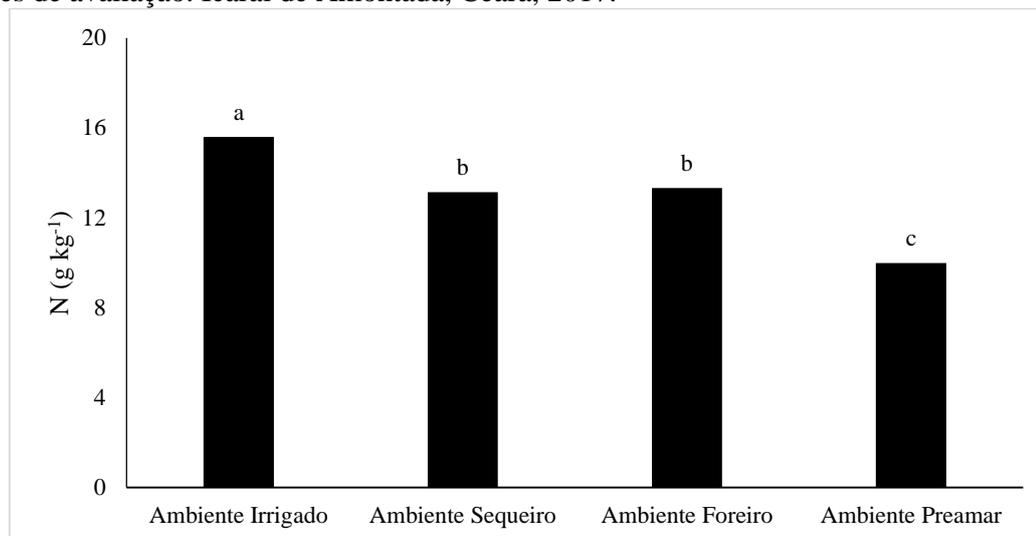
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Fonte: dados de pesquisa

No ambiente Irrigado, foram constatados os maiores teores de N nas folhas de coqueiro, com valores de 15,6 g kg⁻¹ de N. Já na área de Preamar foram verificados valores mínimos de 9,3 g kg⁻¹ de N (Figura 21). Sobral (1990) estudou o estado nutricional dos coqueirais do Nordeste do Brasil, coletando 208 amostras do sul da Bahia até o Ceará. Em 86,5% das amostras coletadas, o teor de nitrogênio na folha nº 14 foi menor que 18 g.kg⁻¹, considerado adequado (FERREIRA, 1997). Os menores teores de N nas plantas do ambiente Preamar são coerentes com as observações visuais de clorose foliar (dados não coletados), e com dados coletados no ano de 2017 que mostraram que o índice relativo de clorofila nas folhas de coqueiro do ambiente Preamar foi cerca da metade do valor observado nas plantas do ambiente Foreiro (Informação verbal)¹.

¹ Informação fornecida por Claudivan Feitosa de Lacerda através de observação visual de plantas de coqueiro gigante, Icarai de Amontada, março de 2017

Figura 21 – Teor de nitrogênio em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem dentre entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Fonte: dados de pesquisa

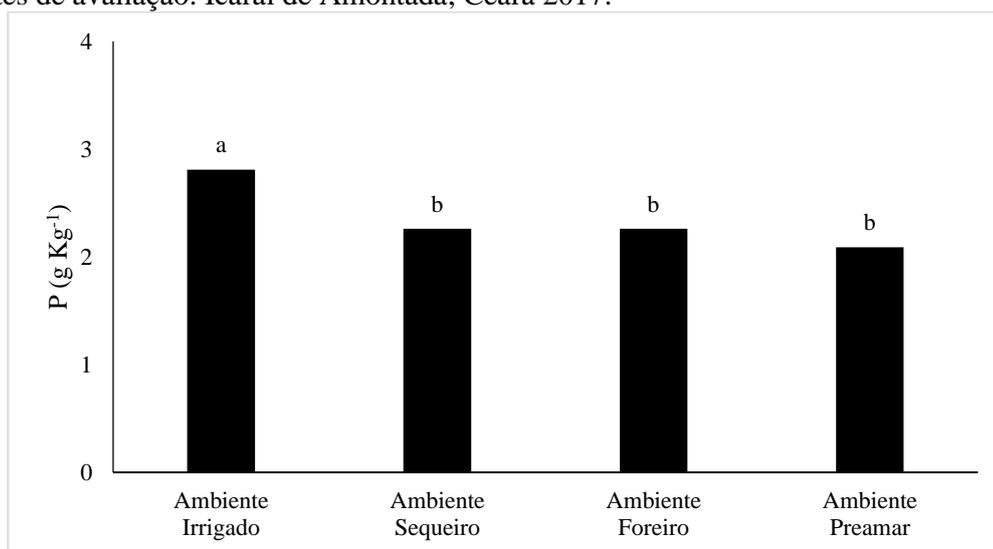
Silva (2015), estudando as interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo, obteve valores mínimos de 18,71 g kg⁻¹ de N em mudas de coqueiro-anão-verde, quando aplicada a menor lâmina de água (20% da ETpc), combinado com o valor mais elevado de salinidade do solo (40,80 dS m⁻¹). O autor relata que mesmo sob estresse hídrico e salino as plantas se apresentaram satisfatoriamente supridas de N. Segundo Bar-tal *et. al.* (1991) trabalhando com o milho, verificou que o teor de nitrogênio nas plantas é afetado pela salinidade do solo e a absorção e o transporte do nitrato são limitados, em condições de salinidade, devido ao efeito antagônico existente entre os íons nitrato e cloro. Por outro lado, a salinidade pode afetar, indiretamente, o processo de nitrificação (conversão do nitrogênio na forma amoniacal à forma nítrica) devido à diminuição do conteúdo de água decorrente do efeito osmótico ocasionado pelo excesso de sais (VAN HOORN *et. al.*, 2001). Sabe-se que o N participa da síntese de clorofila e está diretamente envolvido nos processos da fotossíntese (TAIZ, 2017).

Valicheski *et. al.* (2011) estudando os efeitos da umidade do solo no estado nutricional do coqueiro, encontraram nos maiores níveis de irrigação, os teores foliares de N mais elevados, semelhante aos encontrados nesse estudo, onde os maiores teores foliares de N foram verificados na área irrigada. O teor de umidade no ambiente foreiro na época chuvosa é bastante superior à época seca. Entretanto, não houve interação de N entre época e ambiente, o que sugere que o teor de umidade não interferiu no teor foliar de N. Rocha *et al.* (2008) argumentam que, com a redução do teor de água para níveis abaixo da capacidade de campo, a mineralização do nitrogênio diminui. Por outro lado, em teores de água acima da capacidade de

campo, como ocorre na área de Preamar, em períodos de marés alta de sizígia, também ocorre redução em razão da baixa concentração de oxigênio necessário às reações de mineralização. Segundo Rech *et. al.* (2014) as causas de deficiência de nitrogênio são baixa pluviosidade ou excesso dela causando o lixiviamento do nitrato, condições de solo desfavorável a mineralização do nitrogênio e a presença de ervas invasoras pela falta de coroamento e roçagem. O nitrogênio tem uma clara interação com o fósforo (FILHO, 2002).

O ambiente Irrigado apresentou maior teor de P em relação aos outros ambientes que apresentaram comportamento semelhante (Figura 22). Os maiores valores de P foram encontrados no ambiente Irrigado e menor no ambiente Preamar, com amplitude de variação de 2,8 e 2,1 g kg⁻¹ de P, respectivamente, o maior teor de P no ambiente Irrigado deve-se principalmente ao incremento da adubação fosfatada realizada anualmente neste ambiente.

Figura 22 – Teor de fósforo em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa

A deficiência de fosforo causa a diminuição do crescimento, sendo observado nas folhas um verde mais escuro, causado pela maior concentração relativa de clorofila. A remoção do fosforo pelo coqueiro é pequena, entretanto, como os solos do litoral do Nordeste apresentam valores muito baixos de fosforo “disponível”, o nutriente torna-se limitante (FERREIRA, 1997). Segundo Sobral (1990) cerca de 81% das amostras das folhas oriundas de coqueiros no Nordeste foram consideradas deficientes em fosforo, quando o teor é menor que 1,20 g. kg⁻¹. Teixeira (2005) realizando trabalho com adubação de NPK em coqueiro anão verde verificou que a resposta à adubação com P foi pequena e, independentemente da dose, o teor de P foliar

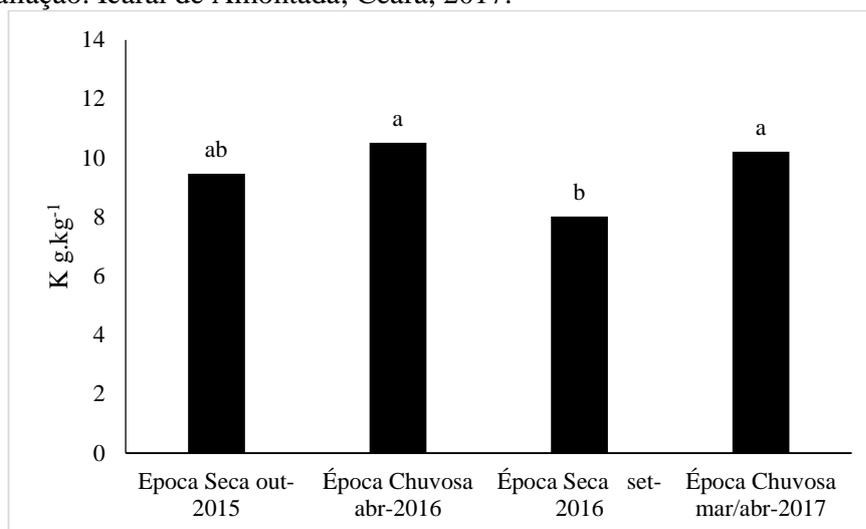
sempre esteve na faixa de suficiência e mesmo sem aplicação de P, estimou-se que o teor foliar deste nutriente foi superior a $1,1 \text{ g kg}^{-1}$. A resposta à aplicação de P e o efeito desta adubação no teor de P disponível do solo ratificam as observações de Khan *et. al.* (1985), que classificaram a cultura como pouco exigente em fósforo.

Ao estudar a difusão de fósforo em dois Latossolos (textura média e argilosa) submetidos a três níveis de umidade, Villani *et. al.* (1993) constataram redução na difusão de P com o decréscimo da umidade, em ambos os solos. Apesar disto, a difusão de P no solo de textura média foi duas a três vezes maior do que a observada no solo com textura argilosa, ambos sob umidade correspondente à tensão de 10 kPa, concluindo que o efeito depressivo da menor disponibilidade de água sobre a difusão deste nutriente será bem mais drástico nos solos argilosos do que nos solos arenosos.

Ferreira (2007) confere que a salinidade diminui a concentração de P no tecido das plantas devido aos efeitos de força iônica que reduzem a atividade do fosfato na solução do solo, da elevada adsorção do fosfato e da diminuição da solubilidade deste mineral com o aumento dos níveis de NaCl no solo. Ferreira Neto *et. al.* (2014), ressaltam que apesar da exigência do coqueiro por P ser pequena, este nutriente é indispensável para a espécie, por participar da regeneração da ribulose 1,5 bisfosfato, no ciclo de assimilação de carbono, e integra uma série de reações ligadas ao transporte de energia na síntese de compostos orgânicos e absorção ativa de nutrientes. Filho (2002), ressalta ainda que o fósforo participa das reações ligadas ao ADP, as quais envolvem o transporte de energia. No coqueiro, o fósforo aumenta a produção de flores femininas e frutos, mas tem pouca influência no rendimento da copra. Embora conhecido como macroelemento para as plantas, o fósforo é absorvido pelo coqueiro em modestas quantidades. Ferreira (1997) evidencia que há uma relação nitrogênio/ fosforo nas folhas dos coqueirais do Nordeste, se o teor de nitrogênio é baixo, o teor de fosforo também será, indicando que a deficiência em nitrogênio causa a deficiência de fosforo.

Para os teores foliares de potássio verificou-se efeitos isolados entre as épocas e os ambientes. No efeito época os maiores teores de potássio foram observados no período chuvoso, (abril de 2016 e março/abril de 2017) assumindo valores absolutos de $10,51 \text{ g Kg}^{-1}$ e $10,21 \text{ g.Kg}^{-1}$ respectivamente (Figura 23). Menor teor de potássio foi observado no período seco (setembro de 2016), com valores de $8,00 \text{ g. Kg}^{-1}$ de K. Em comparação aos dois períodos avaliados (seco e chuvoso) ocorreu reduções do teor foliar de potássio na época seca em relação à época chuvosa.

Figura 23 – Teor de Potássio em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

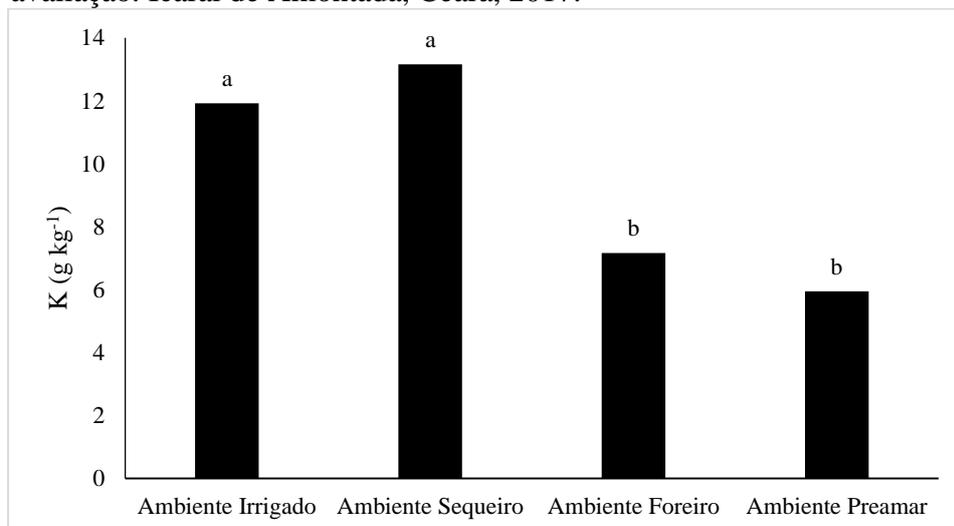


Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa.

Nas avaliações realizadas para o efeito ambiente (Figura 24), verificou-se que não houve diferença significativas entre os ambientes Irrigado e Sequeiro para o teor de potássio na folha. Maior teor de potássio foi observado no ambiente Sequeiro com 13,16 g kg⁻¹ e no ambiente Irrigado com 11,92 g kg⁻¹, diferindo entre o Preamar e Foreiro, sendo K semelhante nesses dois ambientes. Os menores teores de potássio foram observados nos ambientes que estão estabelecidos próximos ao mar, sendo o menor teor verificado no ambiente Preamar com 5,94 g kg⁻¹ de K. Redução no teor de K em ambientes com elevadas concentrações de Na⁺ têm sido observados em muitos estudos (LACERDA *et al.*, 2002), sendo explicado pela competição desses dois íons pelos sítios de absorção na membrana das células das raízes (MARSCHNER, 1995).

O potássio é absorvido na forma iônica e tende a permanecer na planta na mesma forma. O potássio é essencial para translocação de açúcares e para a formação de amido que também é necessário para os processos de abertura e fechamento de estômatos (FERREIRA, 1997).

Figura 24 – Teor de potássio em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L) em diferentes ambientes de avaliação. Icarai de Amontada, Ceara, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa

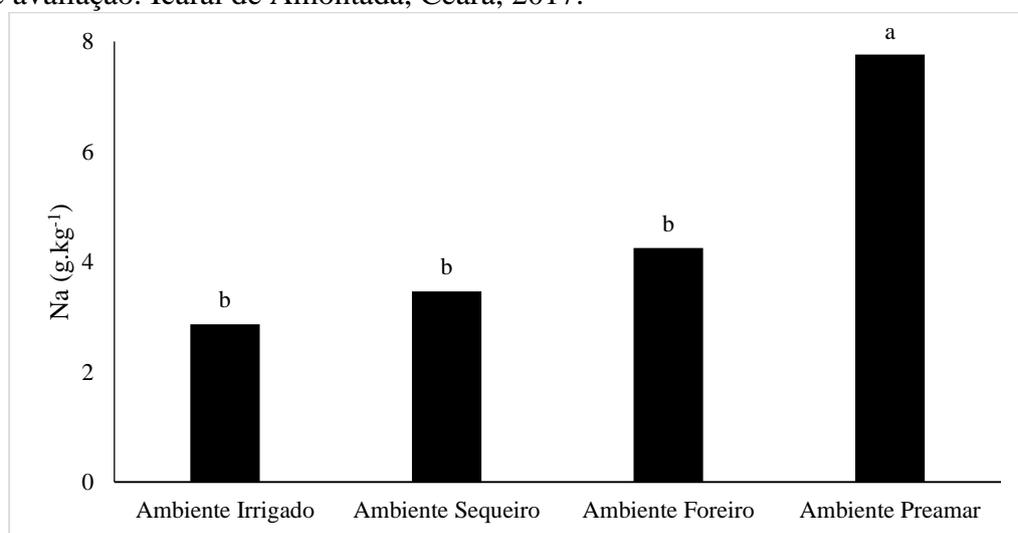
Silva (2015), trabalhando com mudas de coqueiro anão verde, verificou que a deficiência hídrica aumentou a concentração de K nas folhas das plantas de coqueiro, independentemente do nível de salinidade do solo, estes dados corroboram com o observado, onde os maiores teores de K⁺ na folha foram verificados no ambiente Sequeiro. Em estudos realizados por Sobral (1990) verificou que em coqueiros de baixa produtividade, a análise foliar pode detectar altos valores de K; porém isso não significa boa nutrição em potássio e sim acúmulo do nutriente, graças a baixa produtividade. Magat (1991) aponta que o nível crítico (valor abaixo do qual a probabilidade de resposta ao uso de fertilizantes é alta) para K em coqueiro gigante, na folha 14 assume valores de 11,5 g.Kg⁻¹.

Esse maior acúmulo foliar de K em condições de déficit hídrico pode ser também possivelmente justificado levando-se em consideração que diante da insuficiência de água, a planta tem sua demanda por potássio acrescentada, com o objetivo de manter a fotossíntese e proteger os cloroplastos de eventuais danos oxidativos (CATUCHI *et. al.*, 2012).

Silva *et. al.* (2009a), ao discorrerem sobre reduções no conteúdo de K na folha, atribuiu os efeitos causados à salinidade, que são muito mais intensas nas raízes do que nas folhas. Para os autores, essas reduções podem estar relacionadas à exposição direta das raízes aos sais. De acordo com Feijão *et al.* (2013), o sustento de elevados teores de K⁺ nos tecidos vegetais é apontado como um corriqueiro mecanismo de proteção adotado contra os efeitos tóxicos dos sais, uma vez que para uma homeostase iônica celular adequada, exige-se a manutenção de altas concentrações de K no citosol.

Os teores de Na^+ nas folhas foi significativamente maior nas plantas do ambiente Preamar (Figura 25), as quais estiveram em contato direto com solução de maior salinidade (Figura 16). Os menores valores foram observados nas plantas da área irrigada, porém as médias foram estatisticamente semelhante às observadas para os ambientes Sequeiro e Foreiro. Provavelmente, o coqueiro tenha uma boa capacidade de ajuste osmótico, compartimentalizando o excesso de Na^+ no vacúolo celular, um dos mecanismos de tolerância à salinidade (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Figura 25 – Teor de sódio em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



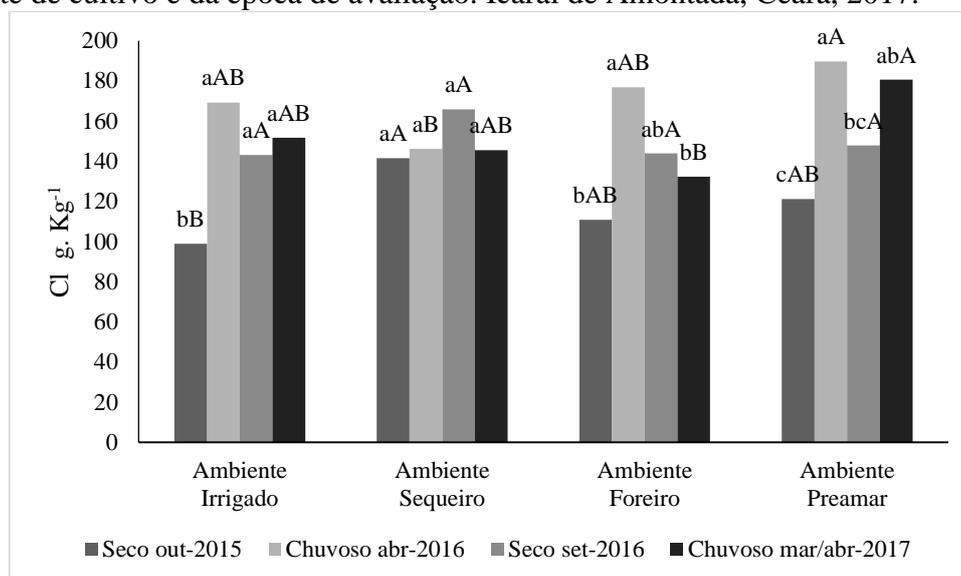
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa

Os resultados contrastantes entre os teores de Na e K, resultam em variações bem significativas para a relação Na/K, o qual pode ser um bom indicador do grau de estresse salino provocado aos tecidos foliares. Os valores dessa relação foram de 0,24, 0,26, 0,55 e 1,31, respectivamente para as plantas dos ambientes Irrigados, Sequeiro, Foreiro e Preamar. A relação Na/K superior a 1,0 no ambiente Preamar é um forte indicador de nível de toxidez para as folhas de coqueiro desse ambiente, podendo comprometer os processos fisiológicos das células. Tester e Davenport (2003) e Epstein e Bloom (2006) citam que uma característica de tolerância das plantas à salinidade é a habilidade de manter a relação Na/ K em valores inferiores a um. Os mesmos autores, verificaram que o mecanismo de seletividade de absorção iônica, especificamente relacionado à Na e K, varia entre grupos de plantas, podendo-se dizer que o coqueiro possui alta eficiência na seletividade de absorção de íons (Na e K).

De modo geral verificou-se que os menores teores de cloreto foram encontrados na época seca de outubro de 2015 para todos os ambientes, sendo que o ambiente Sequeiro apresentou o maior índice $141,38 \text{ g. kg}^{-1}$ nesta época. O ambiente Sequeiro obteve as menores variações do teor de cloreto e maiores taxas deste nutriente durante todas as épocas avaliadas, não diferindo estatisticamente do ambiente Preamar na época chuvosa de abril 2016, que apresentou valores de Cl na folha de $189,64 \text{ g. Kg}^{-1}$.

Acredita-se que a menor variação das taxas de cloreto neste ambiente deve estar relacionada, principalmente aos teores de umidade e condutividade elétrica do solo que não sofreram alterações bruscas, o que acarretaria alterações fisiológicas. Visualmente, as plantas deste ambiente apresentam constante estágio vegetativo com menor incidência de frutos nas plantas. Como mencionado, o maior teor de cloreto também foi observado nas plantas do ambiente Preamar, porém isso variou com a época de avaliação, sendo as diferenças não tão nítidas para os ambientes como a verificada para o íon sódio.

Figura 26 – Teor de cloreto em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em função do ambiente de cultivo e da época de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)

Fonte: dados de pesquisa.

O adequado suprimento de cloro para o coqueiro é importante diante da exigência da cultura, podendo ocorrer deficiência especialmente em cultivos distantes da orla marítima (UEXKÜLL, 1985). Há de se considerar, ainda, a essencialidade do cloreto para o coqueiro, o qual, conforme VON UEXKÜLL (1972), é o íon diretamente envolvido na abertura e no fechamento dos estômatos. Remison *et al.* (1988) e Ferreira *et.al.* (1997) relatam que o

crescimento e desenvolvimento do coqueiro são favorecidos com a presença de cloreto na adubação.

Em ambientes com alta concentração de sais, as plantas podem sofrer estresse em função da baixa disponibilidade de água no solo, em consequência da diminuição do potencial osmótico na zona radicular e devido as grandes quantidades de sais na solução do solo, pelo efeito tóxico de altas concentrações de íons específicos (MACÊDO *et. al.*, 2007). Dessa forma, a toxicidade é provocada predominantemente pelos íons cloreto, sódio e boro, e o acúmulo excessivo desses íons tóxicos contribui para aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2005).

4.5 Trocas gasosas foliares

Verificou-se nas avaliações das taxas fotossintéticas, condutância estomática, transpiração, eficiência intrínseca do uso da água e a eficiência instantânea do uso da água, a influência dos fatores isolados (ambiente e época), bem como a interação ambiente vs época (Tabela 10).

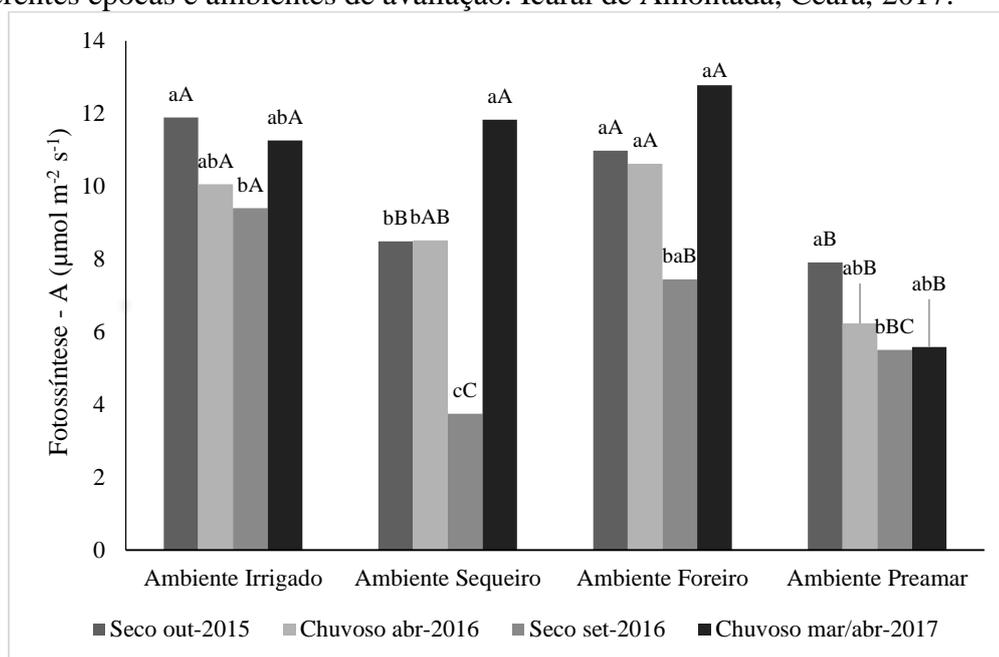
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		A	gs	E	A/gs	A/E
Época – (a)	3	114,9**	0,031**	16,93**	5378,6**	21,44**
Resíduo	36	3,29	0	0,43	159,8	0,31
Ambiente – (b)	3	170,5**	0,029**	12,31**	431,2*	4,6**
a x b	9	23,33**	0,011**	9,04**	1602,8**	5,5**
Resíduo – b	108	4,47	0,001	0,78	134,8	0,29
Total	159					
CV a %		20,42	19,59	19,11	17,72	20,67
CV b %		23,79	25,46	25,65	16,28	19,99

G.L – graus de liberdade; (a) – época; (b) – ambiente; CV – coeficiente de variação; **, *, ^{ns} – significativo pelo teste tukey a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

O ambiente Irrigado foi o que apresentou menores variações de taxa de fotossíntese, comparando-se os valores das diferentes épocas de medição (Figura 27).

Figura 27 - Taxa fotossintética (A) em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)
Fonte: dados de pesquisa.

Os valores médios variaram de 11,9 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, na medição realizada em outubro de 2015, e 9,4 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, na medição realizada em outubro de 2016. Não há para esse estudo um efeito claro da época, visto que os valores da estação chuvosa de 2017 foi semelhante ao da estação seca de 2015, e os valores da estação chuvosa e seca de 2016 também foram semelhantes entre si. Constata-se que a irrigação realizada na fazenda COHIBRA supre as necessidades hídricas da cultura nas diferentes épocas de desenvolvimento das plantas, porém a suspensão da irrigação na época das chuvas pode resultar em limitações na taxa de fotossíntese em função de períodos de estiagem que são comuns na região.

Verifica-se que o ambiente Foreiro foi o que mais se aproximou do ambiente Irrigado (Figura 27). Para esse ambiente as taxas de fotossíntese foram semelhantes às observadas na área irrigada, exceto na estação seca de 2016 (7,44 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), período que também apresentou menor umidade do solo dentre os avaliados (Figura 15). Para os demais períodos, a manutenção de elevadas taxas de fotossíntese nesse ambiente se justificam pela manutenção da umidade do perfil do solo, mesmo na época seca. É importante ressaltar que o ano de 2016 representou o final de um ciclo de estiagens na região, que pode ter resultado no rebaixamento do lençol freático, mesmo em áreas litorâneas.

Notadamente, verifica-se que a redução da capacidade fotossintética no ambiente Foreiro está diretamente ligada aos menores teores de umidade do solo verificado na época seca, setembro de 2016. Na ocorrência de precipitação acumulada de 951 mm as plantas do ambiente Foreiro obtiveram uma capacidade de reidratação na faixa de 41,7%, assegurando que estas plantas exercem mecanismos fisiológicos de aclimatação às condições abióticas.

Larcher (1995) reporta que a capacidade fotossintética em várias espécies de palmeiras, varia de $4 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a $10 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Oliveira *et. al.* (2002) trabalhando com pupunheira indicou que tanto as reduções da fotossíntese como as do potencial da água nas folhas estão relacionadas ao secamento do solo; ainda de acordo com esse autor a recuperação da assimilação de CO_2 e do potencial da água na folha dar-se 48 horas após a reposição de água no solo, para a referida espécie, dependendo do nível de estresse alcançado.

O ambiente Sequeiro, como era de se esperar, foi o que apresentou maiores variações e resposta ao fator água, com a taxa fotossintética variando de $3,75 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na época seca de 2016 a $11,83 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na época chuvosa de 2017 (Figura 27). É importante destacar que a avaliação de 2017 foi a única em que o teor de umidade do solo da área de Sequeiro foi semelhante ao do cultivo Irrigado. Constatou-se, portanto, que a distribuição da pluviosidade durante o ano exerce influência nas taxas de fotossíntese nas plantas sob déficit hídrico na estação seca, de forma que apresentam menores valores nas épocas de estiagem e um aumento expressivo na época chuvosa. Taiz (2017) evidenciam que as plantas perenes, tendem a ajustar seus programas de metabolismo e desenvolvimento para garantir a armazenagem ideal de recursos alimentares que as capacita sobreviver ao próximo período. De acordo com Flexas e Medrano (2002), a redução em A , em plantas submetidas a déficit hídrico, pode ocorrer por diferentes razões, tais como limitação estomática ao influxo de CO_2 , danos ao aparato fotoquímico da fotossíntese, redução na síntese de ATP, e diminuição na atividade da Rubisco (Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase) ou em sua taxa de regeneração. Conforme verificado nesse estudo a redução das taxas fotossintéticas estão diretamente relacionadas as plantas quando submetidas aos fatores de estresse, principalmente de natureza hídrica, evidenciado nas épocas de chuvas, onde as plantas retornam as suas atividades metabólicas, armazenando energia para suportar as condições de estiagem.

As plantas do ambiente Preamar apresentaram menores taxas de fotossíntese que as plantas do ambiente Irrigado e Foreiro, em todas as épocas de avaliação (Figura 27). Também se observa que foi o único ambiente em que os valores observados nas estações chuvosas foram iguais ou inferiores aos da estação seca, com o maior valor médio sendo observado na estação

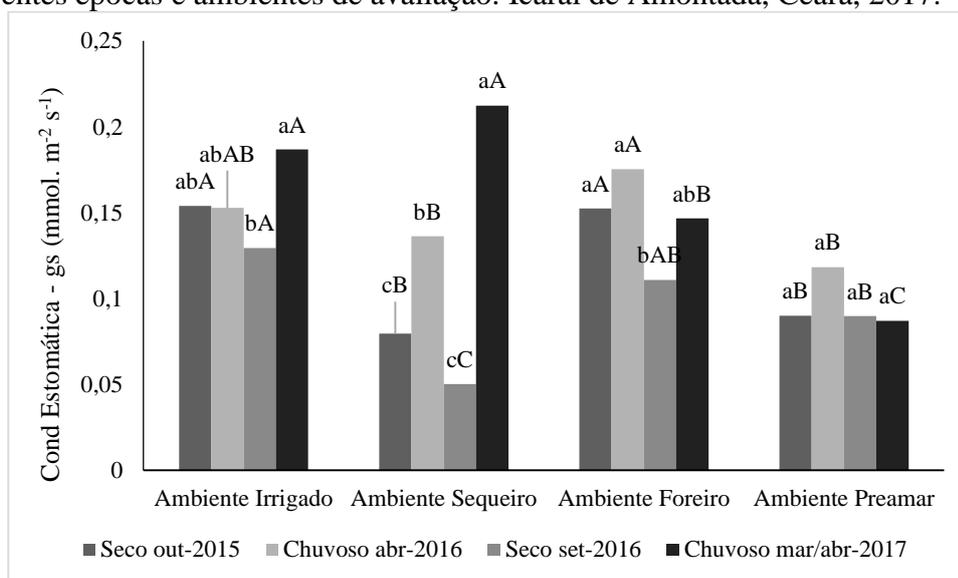
seca de 2015. Para esse ambiente, os estresses por excesso de água (Figura 15) e salinidade (Figura 16 e Tabela 7) podem ser determinantes para a resposta da planta em termos de taxa fotossintética. (KUMAR *et. al.*, 2014) evidencia que plantas sob estresse diminuem a capacidade fotossintética, bem como o crescimento. Para as plantas do ambiente Preamar os elevados teores de Na (Figura 25) e baixos teores de N (Figura 21) devem ter contribuído para as menores taxas de fotossíntese observadas em todas as avaliações (Figura 27). Os prejuízos na taxa fotossintética das plantas sob estresse salino ocorrem, principalmente, pela redução da área foliar, dos teores de clorofilas e da condutância estomática (SENGAR *et al.*, 2013).

Aparentemente, não há relação entre o maior acúmulo de Na e Cl nas superfícies foliares com os resultados de taxa de fotossíntese, visto que os valores para acúmulo de íons (Figuras 18 e 19) foram semelhantes para os ambientes Preamar e Foreiro, porém as taxas de fotossíntese deste último ambiente foram bem superiores para quase todas as épocas de avaliação.

Naidoo, Tuffers e Von Willert (2002) explicam que o excesso de sal pode alterar a concentração de clorofila, o que pode reduzir a capacidade fotossintética. Dias e Blanco (2010) evidenciam que os mecanismos pelo qual o estresse salino deprecia as plantas ainda é uma questão a ser discutida, devido à natureza desses fatores serem muito complexas. Todavia, crescer em um ambiente salino cria basicamente dois problemas para a planta: (1) a regulação osmótica e (2) a toxicidade destes íons. Assim a planta tem de absorver os íons inorgânicos para neutralizar o gradiente osmótico. No entanto, o excesso destes no interior das células torna-se tóxico e tem efeitos negativos sobre a reprodução, o crescimento e sobrevivência das plantas (MITTLER, 2006).

Dados de condutância estomáticas das plantas de coqueiro gigante estão expressos na Figura 28. De forma geral se observa resultados semelhantes ao observados para a taxa de fotossíntese, com os ambiente Irrigado e Foreiro apresentando maiores similaridades ente si, e os ambientes Sequeiro e Preamar apresentando, respectivamente, maiores e menores respostas à época de avaliação.

Figura 28 – Condutância estomática (g_s) em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)

Fonte: dados de pesquisa

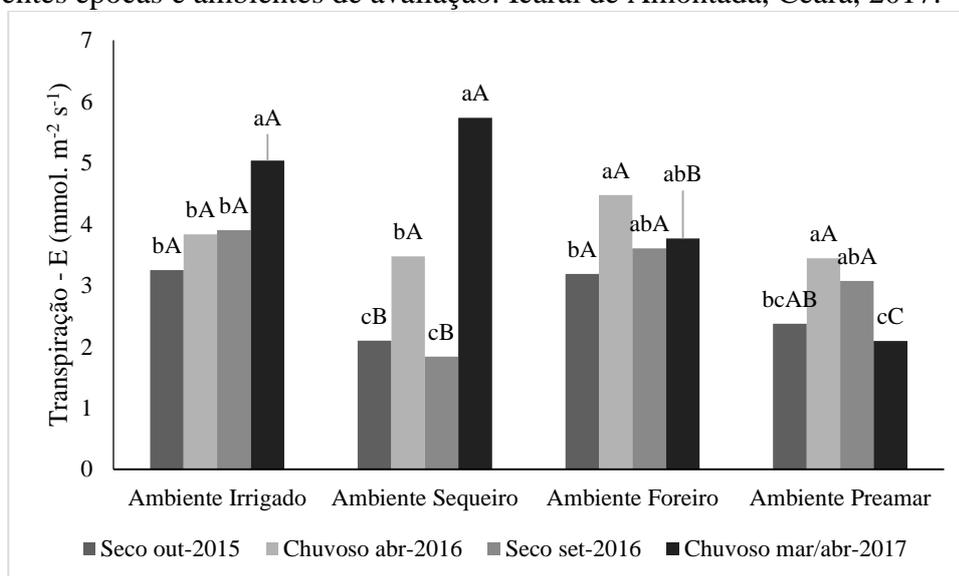
O ambiente Preamar apresenta os menores índices de condutância estomática, praticamente assemelhando-se ao ambiente Sequeiro, isto deve-se principalmente as condições abióticas mais severas presentes nos dois ambientes, levando em consideração a condição de baixo teor de umidade em praticamente todas as épocas avaliadas para o ambiente Sequeiro e a presença de marés de forma transiente no ambiente Preamar, acentuando a condição de estresse hídrico e osmótico.

Para o ambiente Sequeiro nota-se que a g_s foi uma variável mais sensível do que a taxa fotossintética, apresentando claramente menores valores na época seca em comparação aos dados da época chuvosa. É possível que as condições atmosféricas possam ter também influenciado o grau de abertura estomática, com as condições de secura do ar resultando em maiores limitações estomáticas. Para Gomes e Prado (2007), os estômatos do coqueiro exercem um eficiente controle das perdas de água. Davies, Wilkinson e Loveys (2002) evidencia que o fechamento estomático é uma das respostas mais rápidas e intensas que ocorrem em plantas submetidas aos agentes estressantes que comprometem seu estado hídrico, como a seca e a salinidade. Essa resposta estomática é regulada por vias de sinalização que ocorrem nas raízes, modulada pela síntese e pela distribuição do ácido abscísico.

Para as taxas de transpiração (Figura 29) das plantas de coqueiro gigante verificou-se que nas plantas instaladas próximas ao mar, ambiente Foreiro e Preamar, avaliadas na época

chuvosa, abril de 2016, não apresentaram diferenças significativas em relação às plantas instaladas mais distantes do mar, na época chuvosa, março de 2017.

Figura 29 – Taxas de transpiração (E) em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas e ambientes de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)

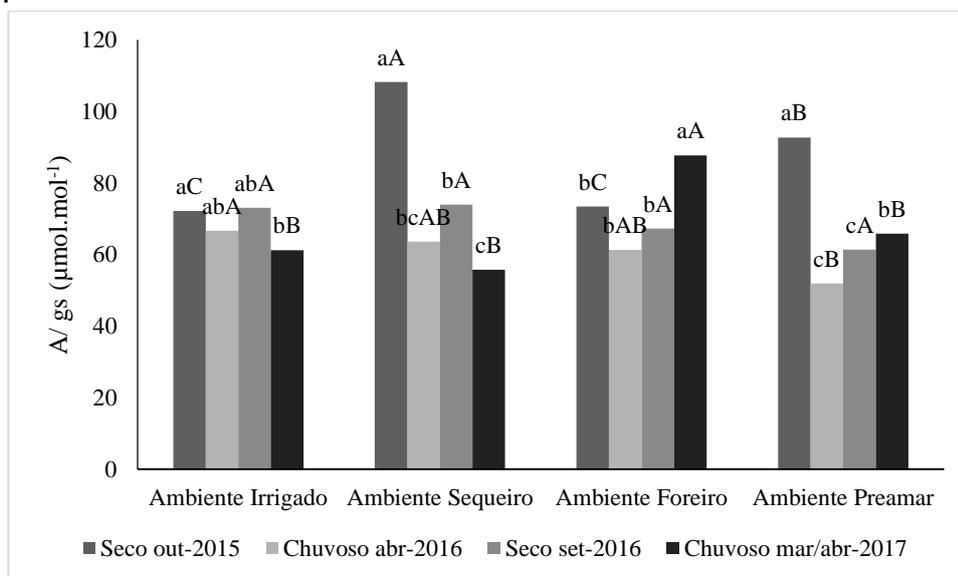
Fonte: dados de pesquisa.

As maiores taxas de transpiração foram verificadas no ambiente Sequeiro e Irrigado na época chuvosa, e as menores taxas no ambiente Sequeiro na época seca, 1,83 mmol m⁻².s⁻¹ (Figura 29); estes valores indicam que as plantas deste ambiente realizam eficiente controle nas taxas transpiratórias para sobrevivência à períodos mais críticos. Comportamento semelhante foi encontrado por Scalon *et al.* (2011) em trabalho com *Guazuma ulmifolia*, onde as taxas de transpiração foram menores quando submetidas a menor fornecimento de água. Nogueira e Silva (2002) verificaram esse mesmo efeito em *Schinopsis brasiliensis* após a suspensão da irrigação.

Reduzidas taxas de transpiração foram verificadas no ambiente Preamar, na época chuvosa, março de 2017, com 2,09 mmol m⁻².s⁻¹, não diferindo estatisticamente em relação ao efeito ambiente, das plantas instaladas em ambiente Sequeiro, na época seca, outubro de 2015 e setembro de 2016, com taxas de 2,09 e 1,83 mmol m⁻².s⁻¹, respectivamente (Figura 29). Constata-se que o excesso hídrico e a salinidade do solo são frequentemente estresses de incidência simultânea no ambiente Preamar, mesmo que as plantas estejam submetidas a diferentes épocas de desenvolvimento, conforme mostram os dados de umidade e salinidade do solo (Figuras 15 e 16; Tabela 7).

A eficiência intrínseca A/gs e instantânea A/E (Figura 30 e 31) do uso da água foram influenciadas significativamente pelas épocas e ambientes, com interação entre os fatores.

Figura 30 – Eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) em quatro ambientes de produção de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



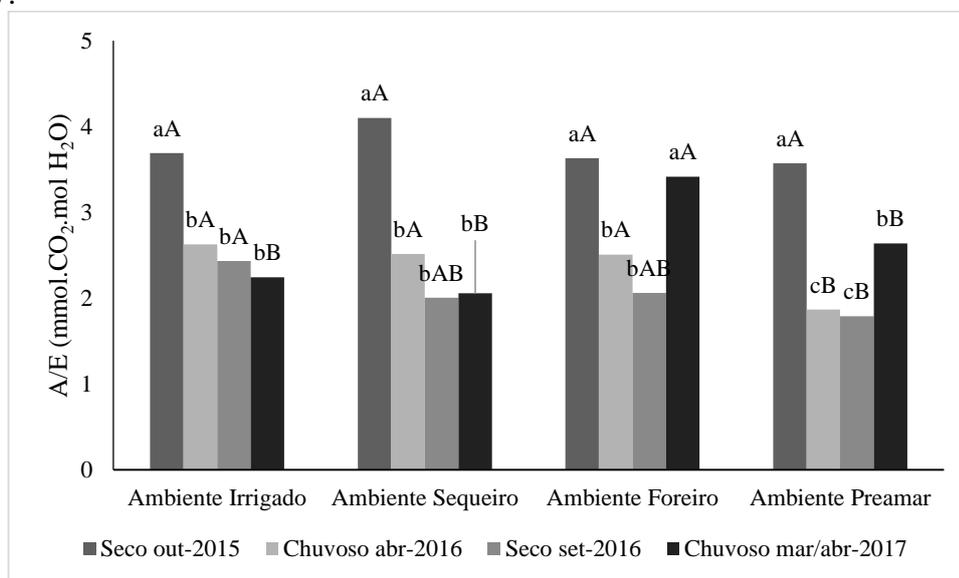
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)
Fonte: dados de pesquisa.

A maior eficiência intrínseca do uso da água em relação aos efeitos ambiente vs época foi verificado nas plantas do ambiente Sequeiro, na época seca (outubro de 2015) com valores de $108,22 \mu\text{mol.mol}^{-1}$, quando comparado à época chuvosa, com valores de $87,71 \mu\text{mol.mol}^{-1}$ não diferindo estatisticamente do ambiente Foreiro na época chuvosa (março/ abril de 2017). Os maiores índices de eficiência de uso da água mostra que as plantas destes ambientes podem ter desenvolvido mecanismos de adaptação para uma melhor gestão do uso da água em períodos de menor disponibilidade hídrica, decorrente dos elevados valores de taxas fotossintéticas, indicando um menor consumo de água por unidade de dióxido de carbono assimilado, com redução no consumo de água no solo, tendo em vista que, a referida área apresentou os menores valores de umidade (Figura 15), durante o período seco, comparado com as demais áreas.

Em relação a eficiência instantânea do uso da água (Figura 31) foram verificadas semelhanças de eficiência entre a maioria dos ambientes avaliados, com restrição ao ambiente

Preamar que obteve redução de eficiência instantânea, tanto no efeito época quanto ambiente nas avaliações realizadas na época seca de 2016 e épocas chuvosas de 2016 e 2017.

Figura 31 – Eficiência instantânea do uso da água (A/E) em quatro ambientes de produção de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)
Fonte: dados de pesquisa.

O ambiente Foreiro foi o que apresentou melhores índices de eficiência em relação aos ambientes avaliados. O ambiente Sequeiro apresentou comportamento semelhante ao ambiente Preamar nas épocas seca de 2016 e chuvosa de 2017. Os quatro ambientes avaliados não diferiram estatisticamente entre os efeitos épocas *vs* ambiente na avaliação realizada na época seca de outubro de 2015.

As razões A/E e A/g_s, em sua maioria, não afetaram a entrada de CO₂ e saída de H₂O indicando que não houve limitação estomática severa entre os ambientes de estudo, evidenciando e comprovando a rusticidade do coqueiro gigante, que possui características de adaptação as condições de desenvolvimento abiótico. Gomes *et. al.* (2002), trabalhando com coqueiro anão verificou que as razões de A/E e A/g_s, em sua maioria, aumentaram com o decréscimo de g_s, indicando que o fechamento estomático, contribuiu para otimizar a eficiência no uso da água pelas plantas sob estresse. García e Mendonza (2014) evidenciam que a redução da área foliar pode ser uma estratégia das plantas para reduzir a área exposta à atmosfera para transpiração, conseqüentemente, aumentando a eficiência do uso da água em plantas expostas à restrição hídrica.

Silveira *et al.* (2013) estudando as características fisiológicas de cultivares de mandioca, constataram que a eficiência de uso da água, além de ser influenciada por fatores abióticos, como déficit hídrico, pode ser bastante variável em função do tipo de metabolismo do carbono da espécie, e por outras características morfofisiológicas, que podem indicar maior resistência às perdas de água, como densidade e resistência estomática, revestimento da superfície foliar (presença de tricomas e cera nas folhas) e posição dos estômatos em relação à superfície da folha.

4.6 Teores de carboidratos solúveis totais e prolina livre

Os teores de carboidratos solúveis totais nas folhas variaram em função do ambiente e da época de avaliação, enquanto os teores de prolina foram influenciados pela época de avaliação e pela interação entre os fatores (Tabela 11).

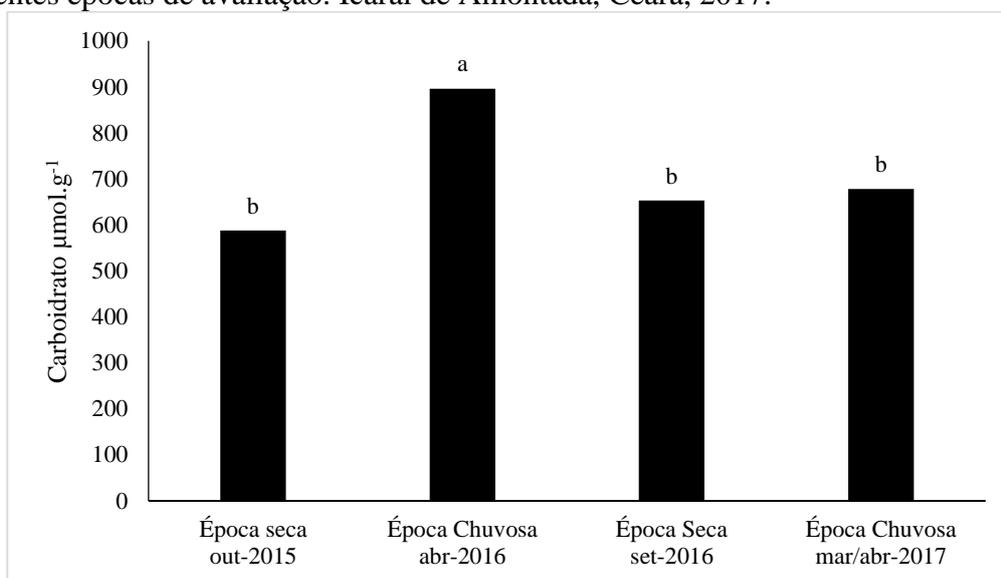
Tabela 11 - Teores de carboidratos solúveis e prolina livre em plantas adultas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em função do ambiente e da época do ano. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.

F.V.	GL	Quadrados Médios	
		Carboidratos Solúveis	Prolina Livre
Época - (a)	3	359041,02**	19,92 ^{ns}
Resíduo - a	16	38042,38	6,26
Ambiente - (b)	3	889547,77**	17,12*
a x b	9	128304,13 ^{ns}	10,11*
Resíduo - b	48	96796,92	4,69
Total	79		
CV a %		27,72	18,17
CV b %		44,21	15,73

G.L – graus de liberdade; (a) – época; (b) – ambiente; CV – coeficiente de variação; **, *, ^{ns} – significativo pelo teste Tukey a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Comparando-se as épocas de avaliação, verifica-se que os maiores valores de carboidratos solúveis totais foram observados na medição realizada na estação chuvosa de 2016, não havendo diferença entre as demais épocas de coleta (Figura 32). Comparando-se os ambientes, verifica-se que o ambiente Irrigado se destacou dos demais apresentando o menor teor desses solutos. Os demais ambientes apresentaram valores bem superiores, em relação ao Irrigado, porém não diferiram entre si.

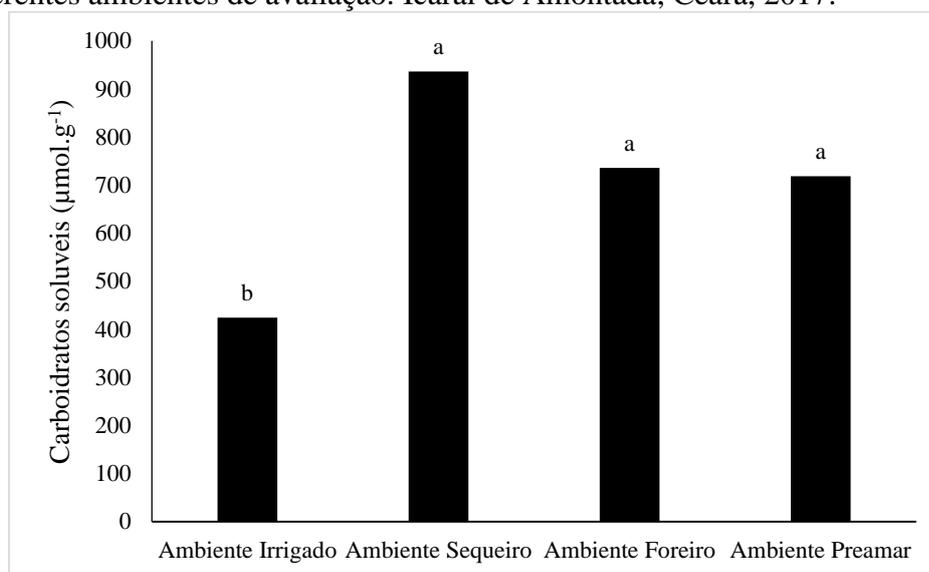
Figura 32 – Teor de carboidratos solúveis totais em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L) em diferentes épocas de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os ambientes que apresentam pelo menos um fator de estresse, hídrico e/ou salino, foram aqueles que apresentaram maiores teores desses solutos (Figura 33). Isso suporta a ideia de que esse acúmulo possa estar associado ao processo de ajustamento osmótico, requerido para a manutenção do processo de absorção de água sob condições de estresse hídrico e salino (LACERDA *et. al.* 2002). Isso seria mais óbvio para os ambientes Preamar e Sequeiro, visto que o grau de estresse imposto no ambiente Foreiro sobre as trocas gasosas foliares se deu apenas na estação seca do ano de 2016 (Figuras, 27, 28 e 29).

Figura 33 – Teor de carboidratos solúveis totais em folhas de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) em diferentes ambientes de avaliação. Icaraí de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.
Fonte: dados de pesquisa.

Sobretudo, no ambiente Preamar, embora exista o excesso de água, se pensarmos em termos salinos seria o que deveria apresentar um maior ajustamento com carboidratos, porém verificou-se que as plantas submetidas a este ambiente não possuem índices salinos elevados, como sugestão deve-se a presença da solubilização da água salina presente no mar em relação a água dos aquíferos pluviais que se encontram próximos à superfície, reduzem o índice salino constantemente. Segundo Vitorino *et al.* (2012), normalmente, as plantas reagem osmoticamente à redução na disponibilidade de água do solo através de incrementos dos conteúdos de carboidratos solúveis em seus tecidos, com a finalidade de contribuir para com a adaptação ou, simplesmente, para a adequação ao estresse hídrico incidente. Segundo Kramer (1995), a deficiência hídrica exerce importante influência no teor de carboidratos em diversas espécies.

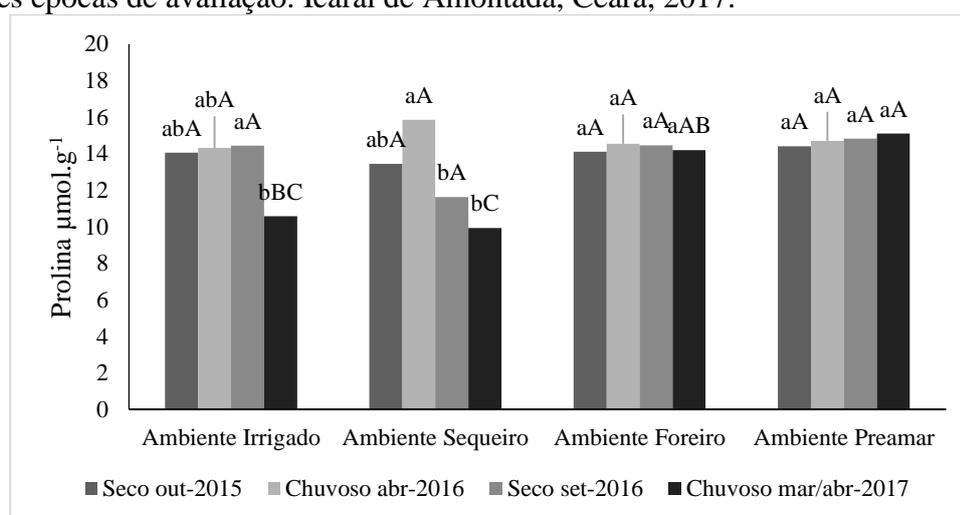
Por outro lado, como não se observou relação clara entre maior acúmulo de carboidratos solúveis e taxas de fotossíntese, poderia se supor alguma relação entre acúmulo desse soluto com o tamanho dos drenos. Considerando-se que a produção de frutos era evidente apenas no ambiente Irrigado, pode-se admitir que os carboidratos produzidos na fotossíntese estavam sendo rapidamente translocados para os frutos. Por outro lado, a inexistência de drenos fortes nos demais ambientes poderia levar ao acúmulo de carboidratos, conforme observado nos ambientes Sequeiro, Preamar e Foreiro. Albuquerque (2013) em trabalho com mogno africano verificou que em consequência da redução em A, as plantas não irrigadas apresentaram

expressivo decréscimo (70%) na concentração foliar de carboidratos solúveis totais, porém, não houve alteração significativa na concentração de amido, nessas plantas. O autor relata que esses resultados são indicativos de que as plantas de mogno-africano, sob condições de estresse hídrico, investem parte das trioses fosfatadas produzidas pela fotossíntese (mesmo com baixa A) para a manutenção dos conteúdos de amido, e utilizam a parte restante dessas trioses para a respiração foliar. Além da respiração, é comum que as plantas utilizem parte dos assimilados produzidos pela fotossíntese ou oriundos da degradação foliar do amido para estimular o crescimento do sistema radicular, sob condições de estresse, na tentativa de possibilitar uma maior exploração da água no solo. (PINHEIRO *et. al.*, 2005).

Os aspectos mais afetados sob condições de estresse hídrico é o metabolismo de carboidratos, de tal forma que, em uma variedade de culturas, têm sido relatados acúmulos destes compostos nas folhas, frente à escassez de água, o que pode estar relacionado, principalmente, à baixa regulação de certas enzimas que são diretamente associadas ao metabolismo dos carboidratos sob condições de reduzidos conteúdos de água no solo. (LOKA; OOSTERHUIS 2014),

Os teores de prolina livre apresentaram pequenas variações nos ambientes Preamar e Foreiro, considerando as diferentes épocas de avaliação (Figura 34). Por outro lado, o ambiente Sequeiro foi o que apresentou maior variação, sendo os maiores e menores valores observados na estação chuvosa de 2016 e 2017, respectivamente.

Figura 34: Teores de prolina livre em quatro ambientes de desenvolvimento de coqueiro gigante em diferentes épocas de avaliação. Icarai de Amontada, Ceará, 2017.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Letras minúsculas (entre épocas) e maiúsculas (entre ambientes)
Fonte: dados de pesquisa.

Considerando-se a média geral por ambiente, verifica-se que os valores ficam entre 12 e 14 $\mu\text{mol g}^{-1}$, ou seja, a diferenciação entre eles é muito pequena ou até inexistente. Portanto, não há clara relação entre os teores de prolina e as respostas de trocas gasosas observadas nas plantas de coqueiro dos diferentes ambientes (Figuras 27, 28 e 29), as quais poderia justificar algum papel desse soluto no ajustamento osmótico ou proteção celular, conforme demonstram outros estudos (WEIMBERG; LERNER; POLJAKOFF-MAYBER, 1984; LACERDA *et al.*, 2001).

A presença do acúmulo de prolina nos ambientes Foreiro e Preamar é mais constante, sem oscilações bruscas, em relação aos outros ambientes e as épocas avaliadas. Chiconato (2016) evidencia que o aumento no acúmulo de prolina está associado aos estresses abióticos, bem como a outras substâncias, e a ação deste osmoprotetor é evidenciada dependendo da espécie e cultivar. A produção de prolina é aumentada como forma de suprir a necessidade de ajuste osmótico das plantas. Porém, se a planta começa a se recuperar do estresse sofrido, ela ativa o catabolismo que acarretará na degradação da prolina (SZABADOS *et al.*, 2011).

Quando as plantas são submetidas a diversos tipos de estresses abióticos, tais como restrição hídrica, salinidade e elevação da temperatura, desenvolvem mecanismos fisiológicos e bioquímicos para diminuir os efeitos prejudiciais, entre eles está a produção de osmólitos compatíveis, como açúcares, que podem se acumular promovendo um ajuste osmótico e preservando a energia da planta (SIRINGAM *et al.*, 2011).

Lacerda (2002) verificando a adaptabilidade de dois genótipos forrageiros de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) às condições de estresse salino verificaram que a acumulação de solutos orgânicos, especialmente a acumulação de prolina, não pareceu estar relacionada com a tolerância ao sal ou estresse salino, mas, provavelmente, apenas uma expressão da reação das plântulas ao dano causado por estresse.

De acordo com Silva *et al.* (2013), nas plantas submetidas à deficiência hídrica, os acréscimos dos teores de prolina podem estar associados ao aumento das atividades das enzimas proteolíticas, que sob o predomínio destas condições adversas aos vegetais passam a atuar, promovendo uma maior disponibilidade desse aminoácido livre.

Em trabalho realizado por Silva (2015) com plantas jovens de coqueiro anão verde presume que através do mecanismo alternativo de acumulação dos íons inorgânicos em detrimento aos solutos orgânicos, as plantas aparentam “economizar” energia, o que lhes

permite crescer de forma mais adequada, até mesmo em condições edafoclimáticas menos favoráveis.

Em plantas de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), sob deficiência hídrica, ocorreram incrementos significativos nos teores foliares de prolina, em torno de 60% (SILVA, 2009). De acordo com Pinho e Ansel (1995) o acúmulo de prolina nos tecidos de folhas de plantas submetidas a estresse hídrico, pode estar associado à sua capacidade de adaptação à seca. Praxedes, Ferreira e Gomes Filho (2009) sugerem que o acúmulo de prolina encontrado na *Vigna unguiculata* (L) Walp.) seja um mecanismo de proteção contra o excesso de sais.

De modo geral, as plantas expostas aos diversos tipos de estresse ambiental tendem a concentrar prolina nos tecidos foliares, que podem atuar como moléculas sinalizadoras ou reguladoras, capazes de ativar múltiplas respostas no processo de adaptação a estresses ambientais (MAGGIO *et al.*, 2002).

5 CONCLUSÕES

A presença de fatores de estresse abiótico para a cultura do coqueiro caracteriza dois dos quatro ambientes avaliados, sendo a salinidade e o excesso hídrico característicos do ambiente Preamar e o déficit hídrico caracterizando os ambientes de Sequeiro;

O ambiente Foreiro, apesar da proximidade do oceano, não apresenta qualquer limitação do ponto de vista da salinidade do solo, e a maior umidade nas camadas inferiores do perfil do solo reduzem significativamente a influência da estação seca sobre as taxas de fotossíntese líquida;

O ambiente Preamar, embora apresente uma relação intrínseca com o mar, este não apresentou elevados teores de sais no solo.

A maresia provoca acúmulo de Na e Cl nas superfícies foliares do coqueiro em todos os ambientes, se destacando aqueles mais próximos do mar.

O coqueiro gigante na época chuvosa ajusta o metabolismo para sobreviver as condições de seca o que favorece o desenvolvimento da espécie.

Maior acúmulo de carboidrato foi verificado nos ambientes sob condições de estresse abiótico.

Não se observou qualquer relação entre acúmulo de prolina nas folhas e os fatores de estresse abióticos presentes nos ambientes de cultivo do coqueiro estudados;

REFERENCIAS

- AGUIAR, P.F; EL-ROBRINI, M; FREIRE, G.S.S; CARVALHO, R.G. Morfodinâmica de praias dominadas por mesomárés na planície arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 40, n. 1, p. 61-73, 2013.
- ALBUQUERQUE, M. P. F., MORAES, F. K. C., SANTOS, R. I. N., DE CASTRO, G. L. S., RAMOS, E. M. L. S., PINHEIRO, H. A. (2013). Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p. 9-1, 2013.
- AMORIM, A.V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M.A. PRISCO, J.T.; LACERDA, C.F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.113-121, 2010.
- ANDRADE, A. M.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. C.; OLIVEIRA, L. B.; VIDAURRE, G. B.; ROCHA, J. D. de SÁ. Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.707-714, 2004.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 88 p.
- ARAGÃO W.M; RIBEIRO, F. E.; MELO, M. F. de V. Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; RERREIRA, J. M. S. (Ed.). **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. p. 37-60.
- ARAGÃO, W. M.; COSTA, A.D.; SANTOS, H. C. Á. C.; PEDROSO, G. T. Florescimento, produção e composição morfológica de frutos de cultivares de coqueiro. **Agrotropica, Ilhéus-BA**, v. 14, n. 3, 2004a. 151 a 158p.
- AZEEZ, S. Fatty acid profile of coconut oil in relation to nut maturity and season in selected cultivars/hybrids. **British Food Journal**, v. 109, n. 4, p. 272-279, 2007.
- BARCELOS, M.E., RIGUETI, J.R., SILVA, L.T.; SILVA, A.G.; FERREIRA JUNIOR, P.D. Influência do solo e do lençol freático na distribuição das formações florísticas nas areias reliquias do Parque Estadual Paulo César Vinha, ES, Brasil. **Natureza on line**, v. 9, p. 134-143, 2011.
- BAR-TAL, A.; FEIGENBAUM, S.; SPARKS, D. L. Potassium- salinity interactions in irrigated corn. **Irrigation Science**, v.12, p.27-35, 1991
- BATES, L. S.; WALDERN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-07, 1973.
- CARON, E. S. **Eficiência de fungicidas via aplicação axilar no Controle da queima-das-folhas em coqueiro-anão-verde**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZI, K. A.; BARBOSA, A. de M.; SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.519 - 527, 2012.

CAVALCANTE, L. V. Os circuitos espaciais da produção de coco no litoral Oeste do Ceará. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 57, p. 41-58, 2016.

CHEN, T.H.H.; MURATA, N. Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. **Trends in Plant Science**, v.13, p.499-505, 2008.

CHICONATO, D. A. **Estresse salino em plantas jovens de cana-de-açúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas**. Tese (doutorado) 2016- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. **Cenários litorâneos-lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, CE**. 1993. 349f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993

CLAUDINO-SALES, V.; PARENTE, L.P.; PEULVAST, J. P. Pequenas barreiras no estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, IV, Goiânia - GO, **Anais do VI Simposio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia, p.1-7, 2006.

CORREIA, I. M. S., ARAÚJO, G., PAULO, J. B. A., SOUSA, E. M. B. D. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de Girassol (*Helianthus annuus L.*) e Coco (*Cocos nucifera L.*) produzidos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, 2014; 10(3): 1-7.2014

COSTA, E. F. N., RIBEIRO, F. E. Comparação entre cultivares de coqueiro após nove anos de plantio nas condições de tabuleiros costeiros. In Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 24., 2016, São Luis. Fruticultura: fruteiras nativas e sustentabilidade. São Luis, MA: SBF, 2016.

CRUZ, R. L.; ALENCAR, B. A.; SILVA, M. E. Ações de sustentabilidade em cadeias produtivas: uma pesquisa em relação à produção do caju e do coco. **Revista Reuna**, v. 22, n. 3, p. 1-18, 2017.

CUENCA, M. A. G.; RESENDE, J. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Mercado brasileiro do coco: situação atual e perspectivas. In: ARAGÃO, W. M. **Coco: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.11-18.

DAVIES, W.J., WILKINSON, S., LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. **New Phytologist**, v.153, n.1, p. 449 – 460, 2002.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. Tábua de marés. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

DIAS, B. C. **Subsídios ao grupo de trabalho para a elaboração de diretrizes da política nacional de coco (*Cocos nucifera* L.)**. CEPLAC, Maceió, 1980. 15p

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.127-141. 2010.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. D.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 230. 2014.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

DUTRA, C. C., PRADO, E. A. F., PAIM, L.R., SCALON, S.D.P.Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. Seminário: **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: **Embrapa Produção de Informação**, Rio de Janeiro, 2013, 3ª ed. 353p.

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

FAO, Culturas ano 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em 14 abr. 2018.

FEIJÃO, A. R.; MARQUES, E. C.; SILVA, J. C. B. LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p.10 - 19, 2013.

FERREIRA NETO, M., GHEYI, H., DANTAS, P.D., HOLANDA, S.J.; BLANCO, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S.; GHEYI, H. R.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S. Atributos químicos do solo e estado nutricional de coqueiro anão fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 30 – 40, 2014.

FERREIRA, J. M. S. Cultivo e controle de pragas e doenças do coqueiro. In: **28ª Semana do Fazendeiro**, 2006, Uruçuca-BA. Agenda Uruçuca, CEPLAC/CENEX/EMARC, v.2 , p. 15-23. 2006.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1997. 350p.

FERREIRA, P.G.; LIMA, J.; VIEIRA, G. Y BATISTA, D. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**. v.38, p. 7-16, 2007.

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

FILHO, L.A.M. **Cultivo de coco anão**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2002, p. 322

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v.89, p.183-189, 2002.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (Cocos nucifera). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**. Holualoa-Hawai. PAR (Permanent Agriculture Resources), 2009.

FONTES, H. R. F.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L.A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; PASSOS, E. E. M.; Recomendações Técnicas para Revitalização das Áreas Cultivadas com Coqueiros Gigantes no Nordeste do Brasil. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2015.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 16 p. (**Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 94**).

FREMOND, Y.; ZILLER R.; NUCÉ de LAMOTHE, M. de. El cocotero. Colección Agricultura Tropical. Barcelona: **Editorial Blume**. P.60-64, 1969.

FREMOND, Y.; ZILLER R.; NUCÉ de LAMOTHE, M. de. **El cocotero: técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Editorial Blume. 236p., 1975.

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

GNANCADJA, S. L.; ABRINI, J.; SKALI-SENHAJI, N. Effects of NaCl on Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions accumulation in two sugarcane (Saccharum sp.) cultivars differing in their salt tolerance. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, Ilhas Vitória, v. 3, p. 155-162, 2011

GARCÍA, I.; MENDONZA, R. Lotus tenuis seedlings subjected to drought or waterlogging in a saline sodic soil. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.47-55, 2014.

GOMES, F. P., MIELKE, M. S., ALMEIDA, A-A. F. Leaf gas exchange of green dwarf coconut (*Cocos nucifera* L. var. *nana*) in two contrasting environments of the Brazilian north-east region. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, 77, p.766–772, 2002.

GOMES, F. P.; PRADO, C. H. B. A. Ecophysiology of coconut palm under water stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, 2007.

GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, J. F., LEVIEN, S. L. A., CARMO, G. A.; SENHOR, R. F. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de diferentes salinidades. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2009.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, n.1, p.149-190, 1980.

GUERZONI, J. T. S., BELINTANI, N. G., MOREIRA, R. M. P., HOSHINO, A. A., DOMINGUES, D. S., BESPALHOK FILHO, J. C., VIEIRA, L. G. E. Stress-induced $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, p. 2309–2319, 2014.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M.; RAHMAN, A.; HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against saltinduced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research Internatinal**, v. 1, p. 1-17, 2014.

HOLANDA, J. S.; FERREIRA NETO, M.; SILVA, R. A.; CHAGAS, M. C. M., SOBRAL, L. F., GHEYI, H. R. Tecnologias para produção intensiva de coco anão verde. Natal: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2007. 40p. (**Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Boletim de Pesquisa, 34**).

Instituto de Registro Imobiliário do Brasil - IRIB. Enfiteuse – Aforamento ou Emprazamento. São Paulo: IRIB, 2014. 2a ed. p.48. 2014; Disponível em: <<http://www.irib.org.br/app/webroot/publicacoes/Enfiteusegs/pdf.PDF>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

INSTITUTO ECOCO. A Cadeia Produtiva do Coco e o Resíduo Sólido. 2016. Disponível em: <<http://www.institutoecoco.com.br/cadeia-produtiva-do-coco.html>> Acesso: Ago 2016.

JAYASEKARA, K. S., JAYASEKARA, C. Efficiency of water use in coconut under diferente soil/plant management systems. In: NAIR, M. K.; KHAN, H. H.; GOPALASUNDARM, P.; BHASKAARARAO, E. V. V. Ed. **Advances in coconut research and development**. New Delhi: ISOCRAD. 427 p., 1993.

JESUS JÚNIOR, L.A.; TOMMASI A. C.; OLIVEIRA JÚNIOR A.M. ; RUSSO S.L. 2013. Análise da produção de coco no estado de Sergipe frente ao crescimento da cultura no Nordeste e no Brasil. **Anais do Simpósio Internacional de Inovação Tecnológica-SIMTEC**, v. 1, n. 1, 2013.

KHAN, H.H.; BIDDAPPA, C.C.; JOSHI, O.P. A review of Indian work on phosphorus nutrition of coconut. **Journal of Plantation Crops**, Kasarogod, v.13, n.1, p.11-21, 1985.

KUMAR, T.; KHAN, M. R.; JAN, S. A.; AHMAD, N.; ALI, N. N.; ZIA, M. A.; ALI, G. M. Efficient regeneration and genetic transformation of sugarcane with AVP1 gene. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v. 14, p. 165-171, 2014.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 107-120, 2002.

LACERDA, C.F., CAMBRAIA, J., CANO, M.A.O., RUIZ, H.A., 2001. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.** 13, 270/284.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

LARCHER, W. Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Berlin: **Springer Verlag**, 506p. 1995.

LOIOLA, C. M. **Comportamento de cultivares de coqueiro (*Cocos nucifera L.*) em diferentes condições agroecológicas dos Tabuleiros costeiros do Nordeste Brasileiro**. São Cristóvão: UFS.2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). 2009

LOIOLA, C. M. ARAGAO, W., PEDROSO, G., ALVES, A. D. S., ARAGAO, F. (2005). Seleção de cultivares de coqueiro de menor porte. **Embrapa Tabuleiros Costeiros (INFOTECA-E)**, 2005.

LOKA, D.A.; OOSTERHUIS, D.M. Water-deficit stress effects on pistil biochemistry and leaf physiology in cotton (*Gossypium hirsutum*, L.). **South African Journal of Botany**, v. 93, n.1, p. 131–136, 2014.

MACÊDO, L.S.; SOUSA, M. R.; MORRILL, W. B. B. Drenagem para Controle da Salinidade. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.1. n.2, p.69-71, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MAGAT, S.S. Fertilizer recommendations for coconut based on soil and leaf analyses. **Phillippine Journal of Coconuts Studies**, v.16, n.2, p.25-29, 1991.

MAGGIO, A.; MIYAZAKI S.; VERONESE P.; FUJITA T.; IBEAS, J.I.; DAMSZ, B.; NARASIMHAN, M.L.; HASEGAWA, P.M.; JOLY, R.J.; BRESSAN, R.A. Does proline accumulation play an active role in stressinduced growth reduction? **The Plant Journal**, v.31, n.6, p.699-712, 2002.

MAIA, L.P. **Processos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (Ne-Brasil): Implicaciones Para Uma Gestion Adecuada de la Zona Litoral**. 1998.268p.Tesis (Doctoral), Universidade de Barcelona. 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; DE OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed.. Piracicaba: Editora Potafos, 1997.

MARINHO, F. J.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA NETO, M. Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 5, p. 370-374, 2005.

MARINOA, M. T. R. D., LEHUGEURB, L. G. O. Zoneamento geoambiental do município de Amontada costa oeste do estado do Ceará. **Revista de Geologia**, v. 20, n. 1, p. 39-55, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York, **Academic Press**, 1995. 889p.

MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. R. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: Panorama 2010 28p.- Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MARTINS, C.R.; JESUS JUNIOR, L. A. R. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. **Embrapa Tabuleiros Costeiros- Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

MEIRELES, A. J. A.; VICENTE DA SILVA, E. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos. Scripta Nova. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, Universidad de Barcelona, vol. VI, núm. 118, 2002.

MENEZES, R.S.; Regime patrimonial dos terrenos de marinha. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 9, n. 486, 5 nov. 2004. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/5855>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

MENNEN, H.; JACOBY, B.; MARSCHNER, H. Is sodium próton antiport ubiquitous in plant cell? **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v.137, p.180-183, 1990.

MENON, K. P. V.; PANDALAI, K. M. **The coconut palm: a monograph**. Ernakulam: Indian Cental Coconut Committee. 384p. 1958

MIRANDA, F. R. DE; FREITAS, J. DE A. D. DE; MONTENEGRO, A. A. T.; CRISÓSTOMO, L. A. Distribuição das raízes de coqueiro anão verde para manejo da irrigação e a aplicação de fertilizantes. **Embrapa Agroindústria Tropical-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2003.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends Plant Science**, v.11, n.1, p. 9 – 15, 2006

MORAIS, J.O.; MEIRELES, A.J.A.; FREIRE, G.S.S. Processos hidrodinâmicos e material em suspensão no estuário do rio Pacoti - Fortaleza, Ceará. 35o Cong. Bras. Geologia, Pará, Belém. **Anais...**, 1988, V 2. p. 581 a 591.

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

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, p.651-681, 2008.

NAIDOO G.; TUFFERS A. V.; VON WILLERT D.J. Changes in gas Exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of two mangroves and a mangrove associate in response to salinity in the natural environment. **Thess-Structure and Function**, New York, v. 16, p. 140-146, 2002.

NARESH KUMAR, S. Variability in coconut (*Cocos nucifera* L.) germplasm and hybrids for fatty acid profile of oil. **J. Agric.Food Chem.** v.59, p.13050–13058, 2011.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.23, p.12-18, 2001.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 Ed.- Brasília: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa- CPATC, p.159-187, 1997.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. Iheringia: **Série Botânica**, v. 57, n. 1, p. 31-38, 2002.

OLIVEIRA, M. A. J. et al. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, p. 59-63, 2002.

OLIVEIRA, S. M. O.; PEREIRA, L. C. C.; VILA-CONCEJO, A. Processos morfodinâmicos em uma praia de macromaré no litoral amazônico. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 2, 2014.

PAGTER, M.; BRAGATO, G.; BRIX, H. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. **Aquatic Botany**, v.81, p.285-299, 2005.

PASSOS, E.M. Ecofisiologia do coqueiro. In: São José, A. R., SOUZA, I. V. B., Moura, J. I. L. E Rebouças, T. N. H. **Coco, produção e mercado**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista- BA, p.36-43. 1999.

PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 Ed.- Brasília: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa CPATC, p.65-72, 1997.

PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília. Embrapa Serviço de produção e Informação, 1998b. p. 57-64.

- PASSOS, E. E. M. Morfologia do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília. Embrapa Serviço de Produção e Informação, 1998. 57 - 64p.
- PASSOS, E.E.M.; SILVA, J.V. Détermination de l'état hydrique du cocotier par la méthode dendrométrique. **Oléagineux**, Paris, v.46, p.233-238, 1991.
- PASSOS, E.E.M. Morfologia do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D.R.N. SIQUEIRA, L. A. (EDS.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros – CPATC, Aracaju, Sergipe. p. 73-98, 1998.
- PEREIRA, M. C., SANTOS, L. S., RIOS, E. S., SOUSA, E. R., RIBEIRO, V. G. Fenologia e níveis de prolina em cacauzeiros consorciados com mangueiras no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Semiárido De Visu**, v. 4, n. 1, p. 50-58, 2016.
- PERSLEY, G.J. **Replanting the tree of life:toward an international agenda for coconut palm research**. Wallingford: CAB/ACIAR, 1992. 156p.
- PINHEIRO, H.A.; DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; LOUREIRO, M.E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v.96, p.101-108, 2005.
- PINHO, N.L.J; ANSEL D. Evolução de teor de prolina em cultivares de milho (*Pennisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agrônômica**, v.26, n.1-2, p.19, 1995.
- PINTO, J. R. S. **Ecofisiologia de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) em estresse salino**. 2017.88f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.
- POMIER, M.; BRUNIN, C. Irrigation des cocotiers à l'eau salée. **Oléagineux**, Paris, v.29, n.4, p183-186, 1974.
- PRADO, C.H.B.A; PASSOS, E.E.M.; MORAES, J.A.P.V. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *Cocos nucifera* in wet and dry seasons. **South African Journal of Botany**, v. 67, p.169-176, 2001.
- PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOME FILHO, E. Acumulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencia a salinidade. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p.211-214, 2009.
- PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops monocotyledons**. London: Longman, 1972.607p.
- RECH, H., BERTOLINO, M. T., DALAMELINO, P. J. Reuso de efluente em fertirrigação de *Cocos nucifera* L. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 11, n. 2, 2014.
- REMISON, S. U.; IREMIREN, G. O.; THOMAS, G. O. Effect of salinity on nutrient content of the leaf of coconut seedlings. **Plant and soil**, v. 109, n. 1, p. 135-138, 1988.

RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. D. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 233-247, 2016.

RIBEIRO, P. H. P., GHEYI, H. R., UYEDA, C. A., TEIXEIRA, M. B., SOARES, F. A. L.; DIAS, N. D. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 233-247, 2016.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agriculture handbook 60, **United States Department of Agriculture**, Washington, 1954. 160p.

ROCHA, F. A.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, J. O. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II: Reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.54-61, 2008.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SENGAR, K.; SENGAR, R.S.; SINGH, A. Biotechnological and genomic analysis for salinity tolerance in sugarcane. **International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research**, Baoding, v. 4, p. 407-414, 2013.

SENHORAS, E. M. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde. **Revista Urutágua**, n. 05, Maringá, PR, 2005. Disponível em: <http://www.urutagua.uem.br//005/22tra_senhoras.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, Columbia, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

SILVA JR., C. D. **Effets du déficit hydrique et de l'irrigation avec l'eau de mer diluée sur le comportement physiologique des plants de cocotier (*Cocos nucifera* L.) Grand du Brésil en conditions naturelles**. 1994, 158p. Tese Doutorado. Paris, Université Paris 7.

SILVA JÚNIOR, C. D. D., PASSOS, E. E. M., GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.39-44, 2002

SILVA, A. A. G.; BATISTA, W. R. M.; PASSOS, E. E. M.; BARROS, A. H. C.; FACIOLLI, G. G.; JÚNIOR, A. S. D. A. Zoneamento edafo-climático para a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no estado do Sergipe. Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 16, 2009, Belo Horizonte. Anais... Viçosa, MG: UFV; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 1, p. 27-36, 2013.

SILVA, A. R. A. **Respostas e adaptações de plantas de coqueiro "anão verde" às interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo.** 2015. 237f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

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

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. **J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, J.R.R. **Comportamento ecofisiológico de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis aubl.*) sob dois regimes hídricos.** Belém: 2009. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.

SILVEIRA, H. M.; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; NETO, M. D. C.; CARVALHO, F. P.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A. Características fisiológicas de cultivares de mandioca após aplicação do mesotrione. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 403-409, 2013.

SIQUEIRA, LUIZ ALBERTO SIQUEIRA. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.

SIRINGAM, K., JUNTAWONG, N., CHA-UM, S., KIRDMANEE, C. Salt stress induced ion accumulation, ionhomeostasis, membrane injury and sugar contents insalt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) root sunder iso-osmotic conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 1340– 1346, 2011.

SOBRAL, K. M. B.; ANDRADE, J. B.; SANTOS, D. N.; PINTO, M. dos S.; SANTOS, E. S. de J.; QUEIROZ, M. A. de; RAMOS, S. R. R. Avaliação de frutos secos de acessos de coqueiro-gigante do Banco Ativo de Germoplasma. In: **SIMPÓSIO DA REDE DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS DO NORDESTE**, 2., 2015, Fortaleza. Valorização e uso das plantas da Caatinga. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Universidade Federal do Ceará, 2015

SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação do coqueiro. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 Ed.- Brasília: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa-CPATC, p.129-157, 1997.

SOBRAL, L.F. **Levantamento do estado nutricional do coqueiral brasileiro.** Aracaju> Embrapa-CNPCo, 1990. (Embrapa. Projeto 038858023 Form 13. Relatório). Não paginado.

SOUSA, S. M. **Comportamento sazonal de sete genótipos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) nas condições ecológicas de Mojú no Estado do Pará.** 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

SOUZA FILHO, P W.M.; PARADELLA, W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of coastal geomorphological features, land use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. **Annals of the Brazilian Academy of Science**, 75: 341-56.

SOUZA FILHO, P.W.M.; PARADELLA, W.R. 2002. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and Radarsat-1 data. **Wetlands Ecology and Management**, 10: 123- 132p.

SOUZA, E. R.; MELO, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 510-517, 2013.

SUDACHKOVA, N.E.; MILYUTINA, I.L.; SEMENOVA, G.P. Influence of water deficit on contents of carbohydrates and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb. tissues. **Eurasian Journal of Forest Research**, v.4, p.1-11, 2002.

SZABADOS, L.; KOVÁCS, H.; ZILBERSTEIN, A.; BOUCHEREAU, A. Plants in Extreme Environments: Importance of Protective Compounds in Stress Tolerance. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 105-150, 2011.

SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**, v.15, p.89-97, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 615p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. **Fisiologia vegetal**, v. 3, p. 449-484, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.A.; MURPHY, A.; **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TEIXEIRA, L. A. J., BATAGLIA, O. C., BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E. (2005). Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.) – atributos químicos do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 27(1), 115-119.

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

UEXKÜLL, H.R. Nutrition of plantation crops. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison, 1985. p.929-59

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C. R.; PEÇANHA, A. L.; BERNARDES, R. S.; MONNERAT, P. H. Estado nutricional do coqueiro cultivado em solos submetidos a diferentes níveis de compactação e umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1152–1160, 2011.

VAN HOORN, J. W.; KATERJI, N.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil. **Agricultural Water Management**, v. 51, n. 2, p. 87-98, 2001.

VASCONCELOS, D.L. **Indicadores do nível relativo do mar e evolução costeira durante o Holoceno tardio no Litoral Oeste do Ceará, NE do Brasil**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

VILLANI, E. M. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; NEVES, J. C. L. Difusão de fósforo em solos com diferentes texturas e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.343-347, 1993.

VIRTUAL PALM ENCYCLOPEDIA, 2012.. Disponível em <http://www.plantapalm.com/vpe/vpe_index.htm>. Acesso em: 24 Abr. 2017

VITORINO, H.S.; MARTINS, D.; MARQUES, R. P.; GARBIATE, M. V. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de picão-preto. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 692-698, 2012.

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

WEIMBERG, R., LERNER, H.R., POLJAKOFF-MAYBER, A., relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed Sorghu bicolor. **Physiol. Plant** 62, 472/480. 1984

ZIA, A., GUO, B., ULLAH, I., AHMAD, R., KHAN, M. A., ABBASI, B. H., & WEI, Y. H. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research, Nsukka**, v.5, n.25, p. 6040-6047, 2011.