



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARIA DO BOM CONSELHO LACERDA MEDEIROS

**FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO COQUEIRO (*Cocos nucifera*, L.) SUBMETIDO A
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NO NORDESTE PARAENSE**

BELÉM-PA
2022

MARIA DO BOM CONSELHO LACERDA MEDEIROS

**FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO COQUEIRO (*Cocos nucifera*, L.) SUBMETIDO A
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NO NORDESTE PARAENSE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em Agronomia, para
obtenção do título de Doutora.

Área de concentração: Produção vegetal em
sistemas agrícolas

Orientador: Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior

**BELÉM-PA
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M488f Medeiros, Maria do Bom Conselho Lacerda
Fisiologia e produção do coqueiro (*Cocos nucifera*, L.) submetido a irrigação e fertirrigação no Nordeste Paraense. / Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros. - 2022.
122 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.
Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior
1. Produção vegetal.. 2. Evapotranspiração.. 3. Manejo da irrigação e fertirrigação.. 4. Ecofisiologia do coqueiro.. 5. Fruticultura. I. Lima Júnior, Joaquim Alves de, *orient.* II. Título

CDD 631.7

MARIA DO BOM CONSELHO LACERDA MEDEIROS

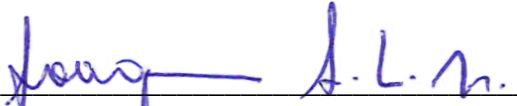
**FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO COQUEIRO (*Cocos nucifera*, L.) SUBMETIDO A
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NO NORDESTE PARAENSE**


Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutora.
Área de concentração: Produção vegetal em sistemas agrícolas.

25 / 02 / 2022

Data de aprovação


BANCA EXAMINADORA

 (Orientador)
Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

 (Membro 1)
Prof. Dr. Gervásio Fernando Alves Rios – Externo
Universidade de Brasília – UnB

 (Membro 2)
Dr. Paulo Manoel Pontes Lins – Externo
SOCOCO

ANTONIA BENEDITA DA SILVA
BRONZE:66121400200
Assinado de forma digital por
ANTONIA BENEDITA DA SILVA
BRONZE:66121400200
Dados: 2022.04.22 12:16:44
-03'00' (Membro 3)
Prof. Dr^a. Antonia Benedita da Silva Bronze - Interno
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

 (Membro 4)
Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior - Interno
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Aos meus pais, Francisco de Assis Medeiros
e Sebastiana Lacerda Medeiros

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, proteção e coragem para conquistar essa vitória.

Aos meus pais Francisco de Assis Medeiros e Sebastiana Lacerda Medeiros, pelo apoio, dedicação e amor, pela transmissão do legado da honestidade, caráter e simplicidade.

Aos meus irmãos, irmãs, sobrinhos e afilhados por constituírem a fonte de amor que alimenta diariamente a minha vida, pelas infindáveis colaborações, e por tornarem essa conquista tão recompensadora.

Ao orientador Dr. Joaquim Alves, por todos os anos que trilhamos juntos, pela amizade, confiança, orientação e oportunidade para desenvolver esta pesquisa.

A todos os meus amigos que contribuíram para a obtenção desta conquista, obrigada pela paciência e incentivo. Gratidão por todo apoio diante das dificuldades e por acreditarem na realização desse sonho junto comigo, sem vocês essa realização não seria possível.

Ao Grupo de Estudos em Engenharia de Água e Solo na Amazônia – GEEASA, pela parceria e apoio durante esses anos de estudos e amizades.

À empresa Sococo, pela oportunidade em desenvolver esta pesquisa, por todo apoio prestado, seja na estrutura, seja na disponibilidade dos funcionários, os quais são exemplos de caráter, humildade e dedicação.

A todos os colegas do curso de Pós Graduação em Agronomia – PGAGRO, pela amizade e companheirismo durante o período da realização deste trabalho.

À Fundação Amazônica de Amparo a Estudos e Pesquisas do Estado do Pará (FAPESPA), pela concessão das bolsas de estudos durante o doutorado.

À banca examinadora de defesa Dr. Paulo Manoel Pontes Lins, Prof. Dr^a. Antonia Benedita da Silva Bronze, Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Junior e Dr. Gervásio Fernando Alves Rios, pela disponibilidade e contribuições.

À Coordenação do Programa de Pós graduação em Agronomia.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pelos ensinamentos ministrados, pela disponibilidade durante o transcorrer das atividades.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, auxiliaram na realização deste trabalho, corroborando para a realização desse sonho, meus sinceros agradecimentos. Muito obrigada!

Aprender é a única coisa de que a mente
nunca se cansa, nunca tem medo e nunca
se arrepende.

Albert Schweitzer.

RESUMO

O coqueiro é uma das frutíferas de grande relevância para as regiões tropicais devido a sua elevada importância econômica, responsável por gerar variados produtos, tanto de forma in natura, quanto industrializada. No Brasil, a produção de coco está distribuída em todo o território nacional, sendo os estados de maiores destaques a região norte e nordeste. O Pará apresenta período chuvoso e menos chuvoso durante todo o ano, com isso necessita do uso de irrigação, pois as plantas passam por déficit hídrico, o que gera perdas significativas na produtividade. O sistema de irrigação poderá definir a quantidade mínima de água que deve ser utilizada para uma produção economicamente viável e sustentável. O objetivo do estudo foi avaliar a influência das diferentes frações da evapotranspiração de referência (ET_0) e doses de potássio nas respostas fisiológicas, físico-químicas da água do coco, produtividade, fenologia e economia no sistema implantado. O experimento foi realizado na fazenda Reunidas Sococo, Santa Isabel do Pará- PA. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições (5 frações de $ET_0 = S/I$; 50%; 100%; 150% e 200% e 5 doses de KCl = 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹). Foi utilizado turno de rega fixo para as lâminas de irrigação e a fertirrigação foi aplicada semanalmente. As avaliações de trocas gasosas foram realizadas 3 vezes no ano de 2020. As colheitas dos frutos foram realizadas a cada 21 dias no período de 2020 e 2021 para posterior análises físico-químicas e produtividade. A fenologia foi avaliada mensalmente e a viabilidade econômica foi realizada nos dois anos de experimento. Os dados foram submetidos à análise quantitativa e qualitativa aplicando-se análise de variância. Compreende-se, portanto, que as plantas mantiveram comportamentos distintos para as trocas gasosas, considerando as condições climáticas como os principais fatores de interferências para a ecofisiologia do coqueiro. Os resultados das análises físico-químicas, as doses de potássio e lâminas de irrigação mantiveram os valores dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil. Na produtividade e eficiência do uso da água, nos dois anos de estudo mostraram eficácia do sistema implantando, com maior produção de água e frutos em 2021. A fenologia se destacou conforme a lâmina ideal de aplicação da irrigação e fertirrigação. Dessa forma, conclui-se que as doses de 5,00 e 7,50 kg de potássio e as lâminas de 100% e 150% da ET_0 , proporcionaram maior produtividade, melhor desenvolvimento vegetativo das plantas e foram economicamente viáveis.

Palavras-chave: Adubação. Evapotranspiração. Fruticultura. Irrigação. Produtividade.

ABSTRACT

The coconut tree is one of the most relevant fruit trees for tropical regions due to its high economic importance, responsible for generating various products, both in natura and industrialized. In Brazil, coconut production is distributed throughout the national territory, with the most prominent states being the north and northeast regions. Pará has a rainy and less rainy season throughout the year, which requires the use of irrigation, as the plants experience a water deficit, which generates significant losses in productivity. The irrigation system can define the minimum amount of water that must be used for an economically viable and sustainable production. The objective of the study was to evaluate the influence of different fractions of reference evapotranspiration (ET_0) and potassium doses on the physiological, physicochemical responses of coconut water, productivity, phenology and economy in the implanted system. The experiment was carried out at the Reunidas Sococo farm, Santa Isabel do Pará-PA. A randomized block design was used in a 5 x 5 factorial scheme, with 25 treatments and three replications (5 fractions of $ET_0 = S/A$; 50%; 100%; 150% and 200% and 5 doses of KCl = 2, 50; 3.75; 5.00; 7.50 and 10.00 kg of KCl plant⁻¹ year⁻¹). A fixed irrigation shift was used for the irrigation depths and fertirrigation was applied weekly. Gas exchange evaluations were carried out 3 times in the year 2020. Fruit harvests were carried out every 21 days in the period 2020 and 2021 for further physical-chemical and productivity analyses. The phenology was evaluated monthly and the economic viability was carried out in the two years of the experiment. Data were submitted to quantitative and qualitative analysis applying analysis of variance. It is understood, therefore, that the plants maintained different behaviors for gas exchange, considering the climatic conditions as the main interference factors for the ecophysiology of the coconut tree. The results of the physical-chemical analyses, potassium doses and irrigation depths maintained values within the standards established by current legislation in Brazil. In productivity and efficiency of water use, in the two years of study, the effectiveness of the implanted system was shown, with greater production of water and fruits in 2021. The phenology stood out according to the ideal application depth of irrigation and fertigation. Thus, it is concluded that the doses of 5.00 and 7.50 kg of potassium and the depths of 100% and 150% of ET_0 , provided greater productivity, better vegetative development of the plants and were economically viable.

Keywords: Fertilizing. Evapotranspiration. Fruit growing. Irrigation. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Localização da área experimental na Fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel do Pará – PA, 2021..... 24
- Figura 2 - Aplicação da fertirrigação na cultura do coqueiro anão verde, 2020 – 2021. 26
- Figura 3 - Cobertura do solo com *Pueraria (Pueraria lobata)* na cultura do coqueiro anão verde, 2021..... 26
- Figura 4 - Avaliação das trocas gasosas na folha 14 do coqueiro anão verde..... 29
- Figura 5 - Valores de precipitação (PP); evapotranspiração de referência (ET_0) (A); Temperatura média, mínima e máxima ($^{\circ}C$) (B); Radiação Solar (W/m^2) e Umidade Relativa (%) (C), durante a condução do experimento, no período de janeiro a dezembro de 2020..... 30
- Figura 6 – Extrato do balanço hídrico mensal da área experimental, 2020..... 32
- Figura 7 – Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2020. 33
- Figura 8 – Colheita, peso e volume de água dos frutos do coqueiro anão verde fertirrigado, 2020 e 2021... 48
- Figura 9 - Determinação dos sólidos solúveis totais (A); condutividade elétrica (B); potencial hidrogeniônico (C) e acidez total titulável (D) da água de coco fertirrigado com potássio, 2020 e 2021.... 50
- Figura 10 - Teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020..... 52
- Figura 11 - Teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação 2021..... 53
- Figura 12 – Valores de potencial hidrogeniônico (pH) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020..... 55
- Figura 13 – Valores de potencial hidrogeniônico (pH) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021..... 56
- Figura 14 – Percentual de acidez titulável total (ATT%) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.57
- Figura 15 – Percentual de acidez titulável total (ATT%) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021..... 58
- Figura 16 – Relação dos sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da

ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.	59
Figura 17 – Relação dos sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021.	60
Figura 18 - Condutividade Elétrica C.E (m ^S .cm ⁻¹) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.	61
Figura 19 - Condutividade Elétrica C.E (m ^S .cm ⁻¹) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021.	62
Figura 20 – Avaliação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) e eficiência de aplicação (EA) no sistema de irrigação por microaspersão, 2020 e 2021.	70
Figura 21 – Microaspersor posicionados a um metro da base dos coqueiros.	71
Figura 22 – Extrato do balanço hídrico mensal durante o período de 2020 e 2021.	73
Figura 23 – Valores de Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2020.	75
Figura 24 – Valores de Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2021.	76
Figura 25 - Valores de precipitação pluviométrica (PP); evapotranspiração de referência (ET ₀); evapotranspiração de referência (ET ₀ mmd ⁻¹) (A;B); Temperatura média, mínima e máxima (°C) (A;B), durante a condução do experimento, 2020 e 2021.	77
Figura 26 – Peso de frutos de coco (kg), em função das lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹), (A - 2020; B - 2021).	79
Figura 27 – Volume da água de coco (ml) sob as lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹), (A1, A2-2020; B- 2021).	81
Figura 28 – Número de frutos por planta (NFT) em função das lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹), (A1, A2-2020; B1, B2-2021).	83
Figura 29 - Eficiência do uso da água de irrigação (EUA) para número de frutos por planta (N° de frutos planta ⁻¹ mm ⁻¹) sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹), (A - 2020; B - 2021).	86
Figura 30 – Eficiência do uso da água para peso do fruto (g), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação (A - 2020; B - 2021).	88
Figura 31 – Eficiência do uso da água para volume da água de coco (ml), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET ₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 kg de KCl planta ⁻¹ ano ⁻¹) aplicados via fertirrigação (A - 2020; B - 2021).	90

Figura 32. Valores de precipitação pluviométrica (PP); evapotranspiração de referência (ET0); temperaturas média, mínima e máxima (°C) durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a abril de 2021.....	100
Figura 33. Circunferência do coleto a 5 cm (CC) (A); Comprimento do estipe (CE) (B), expressa em centímetros, avaliada no coqueiro durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.....	102
Figura 34. Número de folhas vivas (NFV) avaliado no coqueiro durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.	103
Figura 35. Número de folhas mortas (NFM) do coqueiro avaliado durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.	103
Figura 36 – Extrato do balanço hídrico mensal da área experimental, 2020 – 2021....	111
Figura 37 – Preços médios (R\$/fruto) do coco verde no atacado (Ceasa) dos estados para o ano de 2020... ..	112

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização física e química do solo nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm. 25
- Tabela 2 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (A); condutância estomática ao vapor d'água (gs); transpiração (E); concentração intercelular de CO₂ (C_i) e eficiência instantânea no uso da água (WUE), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), janeiro de 2020. 35
- Tabela 3 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (A); condutância estomática ao vapor d'água (gs); transpiração (E); concentração intercelular de CO₂ (C_i) e eficiência instantânea no uso da água (WUE), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), outubro de 2020. 37
- Tabela 4 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (A); condutância estomática ao vapor d'água (gs); transpiração (E); concentração intercelular de CO₂ (C_i) e eficiência instantânea no uso da água (WUE), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), dezembro de 2020. 40
- Tabela 5 - Valores climáticos da área experimental no período de 2020 e 2021. 51
- Tabela 6. Equações dos gráficos sobre o R² dos valores de sólidos solúveis totais (SST °Brix); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (C.E m^S.cm⁻¹); acidez total titulável (ATT%); sólidos solúveis total e acidez total titulável (SST/ATT), referente às análises da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020 e 2021. 63
- Tabela 7. Equações dos gráficos do R² dos valores da eficiência do uso da água de irrigação para peso dos frutos (EUA - Peso (kg)) e eficiência do uso da água de irrigação para o volume de água de coco (EUA - Água de coco (ml)), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 Kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020 e 2021. 91
- Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis: número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), circunferência do coleto a 5 cm (CC) e comprimento do estipe (CE), mensuradas em nove períodos (meses) entre setembro de 2020 e maio de 2021. 101
- Tabela 9 – Área colhida, produção e rendimento coco por região brasileira, 2019 – 2020. 112
- Tabela 10 – Indicadores de viabilidade econômica para a cultura do coqueiro irrigado e fertirrigado com potássio, (Tratamento; Custo Unitário (R\$/há); Custo unitário (R\$/kg); Margem de Contribuição Unitária (R\$/kg); Ponto de Equilíbrio (kg) e Saldo de produção após o pagamento dos custos (kg), 2020. 113
- Tabela 11 – Indicadores de viabilidade econômica para a cultura do coqueiro irrigado e fertirrigado com potássio, (Tratamento; Custo Unitário (R\$/há); Custo unitário (R\$/kg);

Margem de Contribuição Unitária (R\$/kg); Ponto de Equilíbrio (kg) e Saldo de produção após o pagamento dos custos (kg), 2021. 115

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Percentual;

°C – Graus Celsius;

ea – Pressão de vapor de água;

ET₀ – Evapotranspiração de referência;

Δ – Gradiente da curva pressão vapor vs temperatura;

Rn – Radiação solar líquida disponível;

G – Fluxo de calor no solo;

γ – Constante psicrométrica;

u² – Velocidade do vento;

es – Pressão de saturação do vapor de água atmosférico;

Ta – Temperatura média diária do ar;

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

EUA – Eficiência do uso da água;

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

CTA – Centro de Tecnologia Agropecuária;

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia;

kg – Quilograma;

L - Litro;

LL – Lâmina líquida de irrigação

LB – Lâmina bruta de irrigação;

TI – Tempo de irrigação;

m – Metro;

m² - Metro quadrado;

mm - Milímetro;

NFP – Número de frutos por planta;

há – Hectare;

DBC – Delineamento de blocos casualizados;

SI – Sem irrigação;

KCl – Cloreto de potássio;

cm – Centímetro;

MAP – Mono-Amônio-Fosfato;

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição de água;

Ea – Eficiência de aplicação;

qa- Vazão;

e – Número de emissores por planta;

A – Área ocupada por parcela;

A – Assimilação líquida de CO₂;

Ci – Concentração intercelular de CO₂;

gs – Condutância estomática;

E – Transpiração.

WUE – Eficiência instantânea do uso da água.

PP – Precipitação Pluviométrica;

K – Potássio;

SST- Sólidos solúveis totais;

CE – Condutividade Elétrica;

pH – Potencial hidrogeniônico;

ATT- Acidez total titulável;

NaOH – Hidróxido de sódio;

NF - Número de frutos por planta;

m^s – miliSiemens;

WUA - Eficiência instantânea no uso da água

SUMÁRIO

1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
2.	ECOFISIOLOGIA DO COQUEIRO (<i>Cocos nucifera</i> L.) FERTIRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE POTÁSSIO NA AMAZÔNIA	21
2.1.	INTRODUÇÃO.....	23
2.2.	MATERIAL E MÉTODOS	24
2.2.1.	Localização da área experimental.....	24
2.2.2.	Condução do experimento	25
2.2.3.	Manejo da cultura do coqueiro anão verde.....	26
2.2.4.	Manejo da irrigação por meio da evapotranspiração de referência – ET ₀	27
2.2.5.	Balanco hídrico.....	28
2.2.6.	Lâmina de irrigação aplicada e acumulada.....	28
2.2.7.	Condições meteorológicas	28
2.2.8.	Trocas gasosas	29
2.2.9.	Análise estatística	29
2.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.3.1.	Trocas gasosas	34
2.4.	CONCLUSÃO.....	41
3.	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE COCO (<i>Cocos nucifera</i> L) SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO	45
3.1.	INTRODUÇÃO.....	46
3.2.	MATERIAL E MÉTODOS	47
3.2.1.	Localização e condução do experimento.....	47
3.2.2.	Manejo da irrigação e fertirrigação	47
3.2.3.	Colheita dos frutos.....	48
3.2.4.	Extração da água de coco	48
3.2.5.	Sólidos Solúveis Totais - (°Brix).....	49
3.2.6.	Condutividade Elétrica - (C.E)	49
3.2.7.	Potencial Hidrogeniônico - (pH)	49
3.2.8.	Acidez Total Titulável e - (ATT%).....	49
3.2.9.	Condições climáticas e lâmina de irrigação	50
3.2.10.	Análise Estatística.....	50
3.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4.	CONCLUSÃO.....	63
4.	PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.....	67

4.1.	INTRODUÇÃO	68
4.2.	MATERIAL E MÉTODOS	69
4.2.1.	Caracterização e delineamento da área experimental.....	69
4.2.2.	Manejo do sistema de irrigação e fertirrigação	70
4.2.3.	Colheita dos frutos.....	71
4.2.4.	Balanço hídrico.....	71
4.2.5.	Lâmina de irrigação aplicada e acumulada.....	71
4.2.6.	Condições meteorológicas	72
4.2.7.	Produtividade e Eficiência de uso da água (EUA)	72
4.2.8.	Análise estatística	72
4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.4.	CONCLUSÃO	92
5.	FENOLOGIA DO COQUEIRO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES TAXAS EVAPOTRANSPIRATIVAS	96
5.1.	INTRODUÇÃO	97
5.2.	MATERIAL E MÉTODOS	98
5.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	99
5.4.	CONCLUSÃO	104
6.	A INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NOS RESULTADOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO DO COQUEIRO (<i>Cocos Nucifera</i>, L.) FERTIRRIGADO.	106
6.1.	INTRODUÇÃO	107
6.2.	MATERIAL E MÉTODOS	108
6.2.1.	Localização da área experimental.....	108
6.2.2.	Manejo da irrigação e fertirrigação	108
6.2.3.	Condução do experimento	108
6.2.4.	Análise econômica do sistema de produção	109
6.2.5.	Balanço hídrico.....	110
6.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
6.4.	CONCLUSÃO	116

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L) é uma das frutíferas mais difundidas no mundo devido ser de fácil adaptação a diferentes condições ambientais, responsável por gerar variados produtos, tanto de forma *in natura* quanto industrializada (MARTINS; CUENCA, 2018). Essa palmeira é uma monocotiledônea da família Arecaceae que tem alta adaptação de produção em solos como os Neossolos Quartzarênicos (LEITE *et al.*, 2017). Possui boa adaptação aos solos arenosos predominantes das regiões litorâneas (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Na sua classificação botânica, possui sistema radicular fasciculado, caule do tipo estipe, folhas do tipo penada, inflorescência em forma de uma panícula formada pelo pedúnculo e espigas, protegidas por uma espata (SOBRAL *et al.*, 2009; PASSOS, 2018). O fruto é uma drupa formado pelo epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso e endocarpo, no seu interior ocupa o albúmen líquido, com formação nos dois primeiros meses após a abertura da inflorescência e geralmente fica no para colheita no sétimo mês (ARAGÃO *et al.*, 2002).

De acordo com Siqueira *et al.* (2002), a classificação botânica do coqueiro está classificada como, divisão (Espermatófita), Classe: Angiosperma, Subclasse: Monocotiledônea, Ordem: (Arecales), Família: (Arecaceae), Tribo: Coccoideae, Gênero: Cocos, Espécie: *Cocos nucifera* L e nome vulgar: Coqueiro, coco-da-baía.

A introdução do coqueiro no Brasil ocorreu em 1553 por colonizadores portugueses. A cultura é dividida em duas variedades, coco Anão e Gigante. A variedade Anão se divide em três: Verde, Amarelo e Vermelho. As principais características do coqueiro Anão é sua precocidade, produtividade e menor porte (ALMEIDA *et al.*, 2006), sendo comercialmente mais utilizado para água de coco, por ser muito saborosa (ARAGÃO *et al.*, 2009).

A produção mundial de coco em 2020 foi estimada de 63,6 milhões de toneladas, concentrada em três países, Indonésia (30,1%), Filipinas (24,7%) e Índia (19,0%). O Brasil é o quarto maior produtor, com a participação de 4,5% do total mundial. Devido as melhores condições climáticas, a previsão é de que a área colhida de coco no Brasil chegue a 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhão de frutos (BRAINER, 2020).

A produção de coco está distribuída em todo o território nacional, com destaque para o nordeste e norte como maiores produtores, favorecidas pelas condições climáticas. Ambas as regiões detêm aproximadamente 75% da produção (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011). O estado da Bahia destaca-se como o maior produtor com 22% da produção, seguido por Ceará e Pará com 16,2 e 12,2%, respectivamente (IBGE, 2021). A região nordeste correspondeu 81,3% da área plantada e 71,2% da produção nacional em 2020 (BRAINER, 2020).

O estado do Pará apresenta período seco e chuvoso durante todo o ano, no entanto, necessita do uso de irrigação, pois as plantas passam por déficit hídrico o que gera perdas significativas na produtividade (ALVARES *et al.*, 2014). Diante dos principais efeitos do estresse hídrico para esta cultura, se destaca a redução no crescimento da planta, a queda prematura de folhas, retardamento do início da fase de produção, redução do número de flores femininas e queda de flores (MIRANDA *et al.*, 2007). Além do decréscimo da produção ocorre o fechamento estomático, senescência e abscisão das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A escassez de recursos hídricos é uma preocupação global, mas devido o progresso da ciência e tecnologia, a população mundial vem aumentando junto com a demanda por recursos hídricos e alimentos, assim produzir mais alimentos com o mínimo de água tornou-se o foco dos cientistas em todo o mundo (YANG *et al.*, 2020).

O coqueiro quando submetido ao estresse hídrico tem seu crescimento e desenvolvimento afetados, com sérios prejuízos para a cultura (MIRANDA; GOMES, 2006). Neste caso, deve-se considerar que a água é um importante item para atender a demanda evapotranspirométrica do coqueiro (MIRANDA *et al.*, 2007). Entretanto, as elevadas taxas de evapotranspiração e a má distribuição das chuvas são os principais responsáveis pelo balanço hídrico negativo, considerado um fator limitante à exploração comercial de culturas, o que justifica o uso da irrigação (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

A utilização da irrigação para a reposição da água perdida pela evapotranspiração é usada pelos agricultores em áreas sem limitação hídrica ou com alguma limitação, que porventura, as plantas recebem lâminas de água para atender suas necessidades potenciais de evapotranspiração, com o intuito de obter o rendimento máximo (SILVA, 2020).

A precipitação pluviométrica é a principal entrada de água no solo, mas ocorrem diferentes variações que interferem nesse armazenamento, como as condições de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa, que além de influenciarem a evaporação de água do solo, intervém na dinâmica das trocas gasosas, em especial a condutância estomática e transpiração das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A região Norte apresenta grande potencial para o incremento da irrigação sustentável e possui a menor área irrigada comparando com os outros estados brasileiros, com apenas 7.480 hectares. Entre os principais municípios paraenses com áreas irrigadas se destacam Ulianópolis com 3.638 ha e Igarapé-Açu com 1.265 hectares (CHRISTOFIDIS, 2006; SOUZA *et al.*, 2012).

A irrigação quando aplicada junto com a fertilização proporciona aumento de produtividade, redução de perda de plantas devido o período seco bem definido e prolongado e melhor qualidade dos produtos (MAROUELLI *et al.*, 2014). Entretanto, em razão da ausência

de parâmetros técnicos o manejo da irrigação nem sempre é aplicado de forma adequada devido ao contexto climático amazônico, que apresenta altos índices pluviométricos, mas as chuvas não são igualmente distribuídas ao decorrer do ano (SOUSA; SOUSA, 2011).

Os fatores que mais influenciam no desenvolvimento vegetal são os nutrientes e a água, que contribuem para o aumento de produtividade e qualidade dos frutos (FRANÇA NETO, 2016; SANTOS, 2019). A fertirrigação fornece o nutriente juntamente com a água promovendo melhor distribuição do fertilizante e a possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a eficiência na utilização dos adubos pelas plantas (DUENHAS *et al.*, 2002).

Os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são o potássio e o nitrogênio, devido sua maior eficiência e alta solubilidade em água (GUERRA *et al.*, 2004). Porém, essa técnica precisa ser aplicada em um sistema de irrigação de alta uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação, para reduzir a percolação e a lixiviação, sendo mais eficiente que na adubação convencional (MIRANDA *et al.*, 2018). Os fertilizantes devem ser bem manejados para evitar corrosão do sistema, salinidade e acidificação do solo (BANDYOPADHYAY *et al.*, 2019).

O potássio é o elemento que atua como ativador enzimático, capaz de ativar a abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1989). Sua deficiência causa redução no desenvolvimento e produtividade da planta (SOUSA *et al.*, 2014). De acordo com Gomes e Fontes (2018), a produção do coqueiro se limita principalmente com a deficiência de nutrientes e a ausência ou excesso de água que interfere diretamente no oxigênio do solo.

O potássio assume um papel relevante no aumento do volume de água dos frutos, além de proporcionar um melhor desenvolvimento vegetativo da parte aérea das plantas (SILVA *et al.*, 2017). Diante do requerimento nutricional, outros fatores influenciam nos caracteres vegetativos e reprodutivos do coqueiro, como as condições climáticas que levam ao maior número no abortamento de frutos (CÂMARA *et al.*, 2019).

A ecofisiologia do coqueiro é o fator determinante para o bom desenvolvimento da cultura, pois os elementos como temperatura, umidade, pluviosidade, radiação solar e o vento, influenciam diretamente a produção de coco (PASSOS, 2018). Esta cultura emite uma inflorescência a cada 20 a 30 dias durante todo o ano. Portanto, o período seco prolongado, umidade relativa do ar baixa e oscilações de temperatura são responsáveis por reduzirem o número de inflorescências e o número de frutos por cacho, o que compromete a produtividade.

No cenário atual da produção agrícola para o estado do Pará, muitos agricultores utilizam valores empíricos para a utilização da irrigação, o que leva à deficiência econômica principalmente para a cultura do coqueiro, devido a essa falta de informação e tecnologia o

sistema de irrigação fica ligado por um período fixo, sem levar em consideração a quantidade de água aplicada e sem monitoramento meteorológico, que estão diretamente relacionados ao sistema solo-planta-atmosfera, como a evapotranspiração de referência, responsável por contribuir para a redução da mão de obra e o desperdício de água.

Depreende-se, portanto, que o sistema de irrigação para o coqueiro tem como finalidade definir a quantidade mínima de água utilizada para uma produção economicamente viável e sustentável. Neste caso, devido os poucos estudos para essa cultura no estado do Pará, levando em consideração as condições climáticas, o objetivo deste estudo é avaliar a influência das diferentes frações de evapotranspiração de referência e doses de potássio nas respostas fisiológicas, físico-químicos da água do coco, estado nutricional da cultura, produtividade e sua eficiência do uso da água, fenologia do coqueiro e economia no sistema implantado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C. O. *et al.* Caracterização carpológica de frutos de cultivares de coqueiro anão amarelo de diferentes locais de Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.
- ALVARES, C. A. *et al.* Kappen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ARAGÃO, W. M. *et al.* Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro Gigante vs híbridos. **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju**, p. 37-60, 2009.
- ARAGÃO, W. M. *et al.* Fruto do coqueiro para consumo natural. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2002.
- BANDYOPADHYAY, A. *et al.* Fertigation Effects on Productivity, and Soil and Plant Nutrition of Coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Eastern Indo-Gangetic Plains of South Asia. **International journal of fruit science**, v. 19, n. 1, p. 57-74, 2019.
- BRAINER, M. S. C. R.; XIMENES, L. F. Produção de coco – soerguimento das áreas tradicionais do nordeste. **Caderno setorial Etene**, ano.5, n.127, 2020.
- CÂMARA, F.M.M, *et al.* Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 14, n. 4, p. 291-296, 2019.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* **Recuperação de solos afetados por sais**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, INCTSal, p.423-448, 2010.

CHRISTOFIDIS, D. Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. Brasília–DF, 2006.

DUENHAS, L.H. *et al.* Fertirrigação com diferentes doses de N P K e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n.1, p. 214-218, 2002.

FRANÇA NETO, A. C. **Fertirrigação do café conilon *Coffea canephora* na região da Zona da Mata Rondoniense**. 2016. Tese de doutorado. UNESP.

GOMES, J. B. V.; FONTE, H. R. Atributos do solo e aptidão das terras. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

GUERRA, A. G. *et al.* Frequência da fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 80- 88, 2004.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

LEITE, D. R. *et al.* **Atributos químicos, físicos e biológicos de um Neossolo Quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos**. 2017. 76 f. Dissertação (mestrado)- Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal- Universidade Federal de Goiás, 2017.

MALAVOLTA, E. *et al.* Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: **Associação Brasileira para a Pesquisa do Potássio e do Fósforo**, 1989. 201 p.

MAROUELLI, W. A. *et al.* Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. *et al.* **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**, Brasília – DF: Embrapa, 2014.

MARTINS, C. R.; CUENCA, M. A. G. Panorama da produção e comércio mundial. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

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

MEDEIROS, S. W. T, *et al.* Levantamento da textura do solo e da relação silte/argila em regiões semiáridas do nordeste. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 14, n. 4, p. 266- 272, 2019.

MIRANDA, F. R. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.129-135, 2007.

MIRANDA, F. R. *et al.* Fertirrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

MIRANDA, F.R.; GOMES, A.R.M. **Manejo da Irrigação do Coqueiro Anão**. Brasil, Fortaleza - CE, 2006. (Embrapa Agroindústria Tropical, Circular Técnica 25).

- PASSOS, E. E. M. Morfologia. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, H. C. A. **Nutrição nitrogenada na cultura do pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo**. 2019. Dissertação de Mestrado. UFRA.
- SILVA, E. S, *et al.* Desenvolvimento da parte aérea do coqueiro anão verde sob aplicação de fertilizantes. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 4, p. 1571-1577, 2017.
- SILVA, J. B. **Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação**. Dissertação de mestrado, p. 53, 2020.
- SIQUEIRA, L. A. *et al.* Introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica, 24p, 2002. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. (Documentos, 47).
- SOBRAL, L. F. *et al.* Coqueiro-Anão Verde. **Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.
- SOUSA, A. S.; SOUSA, J. R. A. Balanço hídrico no estado do Pará. **Pará Rural: o veículo do agronegócio paraense, Belém**, v. 2, n. 3, 2011.
- SOUSA, V.F. *et al.* Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. 2. Ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2014.
- SOUZA, R. O. R. M. *et al.* Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 177-188, 2012.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- YANG, D. *et al.* Effect of drip irrigation on wheat evapotranspiration, soil evaporation and transpiration in Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 232, n.1, 2020.

2. ECOFISIOLOGIA DO COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) FERTIRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE POTÁSSIO NA AMAZÔNIA

RESUMO

A fruticultura é uma atividade que tem grande contribuição para o desenvolvimento econômico nacional e o coqueiro é considerado uma das mais importantes palmeiras das regiões tropicais, no Brasil a produção de coco está distribuída em todo o território nacional, com maiores destaques para o nordeste e norte devido as condições climáticas favoráveis. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos das doses de potássio aplicadas via fertirrigação e as lâminas de irrigação por meio da evapotranspiração de referência sobre o comportamento das trocas gasosas do coqueiro anão verde. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco frações de ET_0 (S/I; 50%; 100%; 150% e 200%) e cinco doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹). Foram analisados os elementos meteorológicos da região e as medições da assimilação líquida (A); (gs); (E); (Ci) e (WUE). Os dados foram submetidos ao software R, análise de variância e teste de Tukey. As plantas mantiveram comportamentos distintos sobre as trocas gasosas no período de janeiro a novembro de 2020, considerando as condições climáticas de grandes interferências para a fisiologia do coqueiro e comprovando que a reposição hídrica e a fertirrigação influenciam no crescimento das plantas e na sua ecofisiologia, assim como a região em estudo apresenta condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da cultura do coqueiro anão verde.

Palavras-chave: Estresse hídrico. Fruticultura. Irrigação. Produção.

ABSTRACT

Fruit growing is an activity that makes a great contribution to national economic development and the coconut tree is considered one of the most important palm trees in tropical regions. due to favorable weather conditions. The objective of the study was to evaluate the effects of potassium doses applied via fertirrigation and irrigation depths using reference evapotranspiration on the behavior of gas exchanges in green dwarf coconut palms. A randomized block design (DBC) was used, in a 5 x 5 factorial scheme, with 25 treatments and three replications. The treatments consisted of five ET_0 fractions (S/A; 50%; 100%; 150% and 200%) and five doses of potassium (2.50; 3.75; 5.00; 7.50 and 10. 00 kg of KCl plant⁻¹ year⁻¹). Meteorological elements of the region and measurements of net assimilation (A) were analyzed; (gas); (AND); (Ci) and (WUE). Data were submitted to R software, analysis of variance and Tukey's test. The plants maintained different behaviors regarding gas exchange from January to November 2020, considering the climatic conditions of great interference for the physiology of the coconut palm and proving that water replacement and fertirrigation influence the growth of plants and their ecophysiology, as well as as the region under study has favorable environmental conditions for the development of the green dwarf coconut tree.

Keywords: Hydric stress. Fruit growing. Irrigation. Production.

2.1.INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade que tem grande contribuição para o desenvolvimento econômico nacional (ARAÚJO *et al.*, 2019; CARVALHO *et al.*, 2020). Essa atividade assume importante desempenho econômico e social, capaz de gerar empregos de mão-de-obra de forma contínua, permitindo, ainda, o consórcio com outras culturas, além de contribuir para a fixação do homem no campo (ARAGÃO *et al.*, 2009).

O coqueiro anão verde (*Cocos nucifera* L.) é considerado uma das mais importantes palmeiras das regiões tropicais devido sua elevada importância econômica, sua utilização que ocorre com muita expressividade no mundo todo, gerando variados produtos tanto em forma *in natura* como industrializados e essa variedade é destinada a produção de água de coco, devido ao seu bom desempenho na qualidade e no rendimento (MARTINS, 2011).

A produção mundial de coco foi de aproximadamente 63,6 milhões de toneladas em 2020, e os três principais países produtores são a Indonésia, Filipinas e Índia e Brasil, devido as condições climáticas favoráveis no Brasil, a previsão é de que a área colhida de coco a nível nacional chegue a 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhões de frutos (BRAINER, 2020).

No Brasil a produção de coco está distribuída em todo o território nacional, com destaque para as regiões Nordeste e Norte, devido as condições de tropicalidade climática. O estado da Bahia destaca-se como o maior produtor do país, com 22% da produção (IBGE, 2019). Segundo Brainer (2020), a região nordeste continua como a maior produtora, com 81,3% da área plantada e 71,2% da produção nacional em 2020.

O Pará é o maior produtor da região norte, com 12,2% da produção nacional e entre os principais entraves para o crescimento da produção de coco no estado é a baixa aplicação de tecnologias e inovações nos sistemas produtivos (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019). Dentre as tecnologias que podem melhorar o desenvolvimento da cultura é a fertirrigação, devido a economia de tempo e mão-de-obra para a aplicação dos fertilizantes, redução da compactação do solo, maior precisão na aplicação dos fertilizantes, ajustando a frequência e a quantidade e maior produtividade quando comparada ao convencional (MIRANDA *et al.*, 2018).

Segundo Sousa *et al.* (2014), na adubação convencional os fertilizantes são depositados próximo à planta e na superfície do solo e dependem das chuvas para serem absorvidos pelas plantas, na aplicação via irrigação, os fertilizantes chegam ao sistema radicular das plantas em tempo reduzido, com máxima absorção. Os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são o potássio e nitrogênio, pois apresentam maior eficiência (GUERRA *et al.*, 2004).

A agricultura responde por cerca de 70% do uso dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde há irregularidade das chuvas, porém é uma técnica que necessita de uso

eficiente, pois pode-se ocasionar problemas no solo e redução da produtividade (SOUZA *et al.*, 2017). Sua baixa eficiência pode ocasionar déficit hídrico que é considerada uma das limitações agrícolas mais importantes devido aos seus efeitos negativos nas atividades fisiológicas e pode limitar crescimento vegetativo e produtivo (ENDRES *et al.*, 2010; SOUSA; JARDIM, 2007).

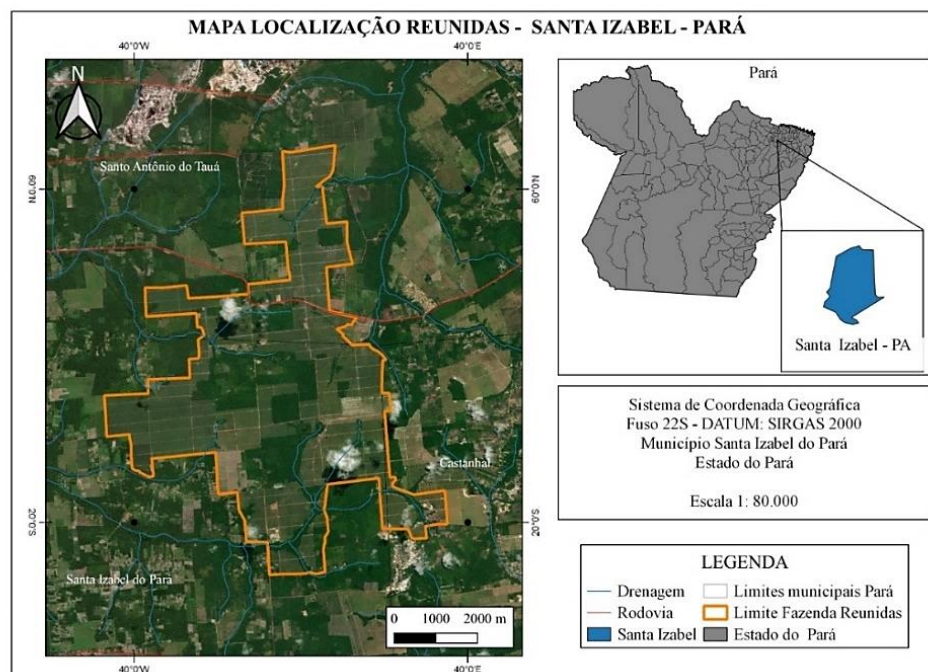
A reposição hídrica adequada contribui no crescimento e na ecofisiologia das plantas, controle térmico do vegetal, como um solvente natural que auxilia para as reações bioquímicas, no transporte de nutrientes, responsável por interligar o sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ *et al.*, 2017). Diante o exposto, objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos das doses de potássio aplicadas via fertirrigação e as lâminas de irrigação por meio da evapotranspiração de referência e a influência das variáveis climáticas sobre o comportamento das trocas gasosas no coqueiro.

2.2.MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Localização da área experimental

O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, no município de Santa Izabel do Pará – PA (Figura 1). A região apresenta clima AFi segundo Köppen, com temperatura média anual em torno de 26 °C.

Figura 1- Localização da área experimental na Fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel do Pará – PA, 2021.



Fonte: A autora (2021).

O solo da região é classificado como Neossolo Quartzarênico, com textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada uniforme abaixo do horizonte A, (EMBRAPA, 2008). Foram

realizadas coletas de solo deformadas e indeformadas da área experimental para caracterização químicas e físicas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização física e química do solo nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm.

Atributos químicos do solo	Profundidade	
	0 - 20 cm	20 - 40 cm
pH (CaCl ²)	4,43	4,1
MO (g dm ³)	8,75	3,25
H+Al (mmolc dm ³)	33,7	32,7
CTC (mmolc dm ³)	52,5	40,1
P (mg dm ³)	111,9	7
K (mmolc dm ³)	2,1	0,9
Ca (mmolc dm ³)	10,7	4
Mg (mmolc dm ³)	5,5	2,2
S (mmolc dm ³)	19,2	20
B (mg dm ³)	0,48	0,3
Cu (mg dm ³)	0,27	0,25
Fe (mg dm ³)	137,5	240
Mn (mg dm ³)	3,25	1,12
Zn (mg dm ³)	1,55	1,65
Atributos físicos do solo	0 - 30 cm	
Areia grossa (g kg ¹)	253	
Areia fina (g kg ¹)	441	
Silte (g kg ¹)	126	
Argila total (g kg ¹)	180	

Fonte: A autora (2021).

2.2.2. Condução do experimento

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco frações de evapotranspiração (S/I (sem irrigação; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) para a reposição da lâmina de água e cinco doses de potássio (100%; 150%; 200%; 300% e 400%, equivalente a 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹).

O experimento foi realizado em plantio produtivo com plantas de 5 anos de idade e as parcelas experimentais foram constituídas com 8 plantas, sendo utilizada como parcela útil as 6 plantas centrais, descartando duas plantas no início e duas no final. A aplicação da fertirrigação ocorreu semanalmente, utilizando os fertilizantes ureia, MAP (Mono-Amônio-Fosfato), sulfato de magnésio e cloreto de potássio (KCl). A recomendação de adubação foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Lins e Viégas (2008). O MAP e o sulfato de magnésio foram aplicados separadamente, devido sua incompatibilidade (Figura 2).

Figura 2 - Aplicação da fertirrigação na cultura do coqueiro anão verde, 2020 – 2021.



Fonte: A autora (2021)

2.2.3. Manejo da cultura do coqueiro anão verde

Foi realizado antes da implantação da cultura na área experimental a correção e o preparo do solo, aplicação de corretivo por meio de uma aração e duas gradagens. Posteriormente ao preparo da área foi realizado o semeio de pueraria (*Pueraria lobata*), para proporcionar uma cobertura ao solo como proteção, além de contribuir para a fixação biológica de nitrogênio (Figura 3). Após essas etapas, foi realizado o plantio das mudas de coco com 11 meses de idade, utilizando-se a variedade anão verde no espaçamento de 7,5 m entre plantas em triângulo equilátero, assim como os tratos culturais, capina manual, roçagem mecânica, adubação, coroamento químico, corte das palhas, adubação e o monitoramento fitossanitário.

Figura 3 - Cobertura do solo com Pueraria (*Pueraria lobata*) na cultura do coqueiro anão verde, 2021.



Fonte: A autora (2021).

2.2.4. Manejo da irrigação por meio da evapotranspiração de referência – ET_0

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, projetado e instalado pela Amazônia Irrigação para irrigar uma área de 3 hectares. Após finalizar a instalação do sistema de irrigação, foi calculado a uniformidade de distribuição de água (CUD), com 96% de uniformidade e eficiência de aplicação (EA) com 86%, seguindo a metodologia proposta por Calgaro e Braga (2008). Cada planta recebeu um microaspersor rotativo autocompensante para irrigação, com vazão de 96 L.h^{-1} , posicionados a 1 metro da base do coqueiro.

As lâminas de irrigação nos turnos de rega fixo a cada dois dias foram aplicadas através dos dados da estação meteorológica automática instalada na fazenda, onde ocorreu a reposição da evapotranspiração de referência (ET_0) (Equação 1) do dia anterior, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO 56) (ALLEN *et al.*, 1998).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Onde:

ET_0 – evapotranspiração de referência, mm.d^{-1} ;

Δ – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, $\text{kPa. } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Rn – radiação solar líquida disponível, $\text{MJ m}^{-2}.\text{d}^{-1}$;

G – fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

γ – constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$;

u_2 – velocidade do vento a 2 m, m/s^{-1} ;

e_s – pressão de saturação do vapor de água atmosférico, kPa ;

e_a – pressão atual do vapor de água atmosférico, kPa ;

T_a – temperatura média diária do ar, $^\circ\text{C}$.

A lâmina líquida (LL) de irrigação foi estimada em função da fração da evapotranspiração de referência em estudo (S/I, 50%, 100%, 150% e 200%), os valores em frações da evapotranspiração de referência (ET_0), utilizando a equação 2.

$$LL = ET_0.F \quad (2)$$

Onde:

LL – Lâmina líquida (mm dia^{-1});

ET_0 – Evapotranspiração de referência diária da área experimental (mm dia^{-1});

F – ET_0 diária (S/I; 50%; 100%; 150% e 200%).

Em seguida foi calculada a lâmina bruta (LB) pela equação 3.

$$LB = \frac{LL}{Ea.CUD} \quad (3)$$

Onde:

LB – Lâmina Bruta (mm dia⁻¹);

LL – Lâmina líquida (mm dia⁻¹);

Ea – eficiência de aplicação (86 %);

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição de água (96%).

Em seguida foi calculado o tempo de irrigação (TI) pela equação 4.

$$T = \frac{LB.A}{e.qa} \quad (4)$$

Onde:

T – Tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento;

LB – Lâmina Bruta (mm dia⁻¹);

A – Área ocupada por parcela, m²;

e – Número de emissores por planta, (1 unidade);

qa – vazão média dos emissores, (96 L h⁻¹);

2.2.5. Balanço hídrico

O resultado do balanço hídrico para o ano de 2020 da área experimental foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), usando dados climatológicos da estação meteorológica automática.

2.2.6. Lâmina de irrigação aplicada e acumulada

O volume de água aplicado foi estimado a partir da evapotranspiração de referência (ET₀) calculada pelo modelo de Penman-Monteith, seguindo a metodologia proposta por Allen *et al.* (1998), para lâmina acumulada usou-se o valor da evapotranspiração de cada tratamento mais a precipitação, repondo em diferentes porcentagens a evapotranspiração diária evaporada. A lâmina aplicada foi realizada a partir dos dados diários da ET₀ menos a precipitação.

2.2.7. Condições meteorológicas

As condições meteorológicas foram avaliadas diariamente no período de janeiro a dezembro de 2020, por meio de uma estação meteorológica, como precipitação (PP); evapotranspiração de referência (ET₀); Temperatura média, mínima e máxima (°C); Radiação Solar (W/m²) e Umidade Relativa (%), durante a condução do experimento.

2.2.8. Trocas gasosas

Inicialmente foi realizado em campo, medições nas plantas de coqueiro anão verde para a curva diária para fotossíntese, no horário das 7:00 horas da manhã até as 13:00 horas e verificar o melhor horário para as medições fisiológicas. O horário com os picos máximos de fotossíntese ocorreu entre 8:30 e 11:00 horas da manhã, em dia ensolarado.

A taxa de assimilação líquida do CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) foram analisadas por meio do IRGA - analisador portátil de gases a infravermelho (LI-6400 XT, LI-COR Biosciences, Lincoln, EUA), concentração de CO₂ (400 μmol e PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (SILVA *et al.*, 2016). A eficiência instantânea do uso da água (WUE) (mmol mol^{-1}) foi calculada pela razão entre taxa de assimilação líquida do CO₂ e a transpiração (Figura 4).

Para avaliar as variáveis fisiológicas, foi utilizado a folha número 14 do coqueiro, considerada a mais vigorosa. As mensurações foram realizadas 3 vezes durante um ano (janeiro, outubro e dezembro de 2020). A avaliação de trocas gasosas realizadas em janeiro as plantas estavam nas mesmas condições de campo, sem interferências dos tratamentos aplicados, para analisar o comportamento fisiológico do vegetal e posterior comparação ao longo do ano.

Figura 4 - Avaliação das trocas gasosas na folha 14 do coqueiro anão verde.



Fonte: A autora (2021).

2.2.9. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao software R (R Core Team, 2016). Posteriormente, foi realizada análise de variância quando atestado diferenças significativas para o teste F ($p < 0,05$), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey.

2.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

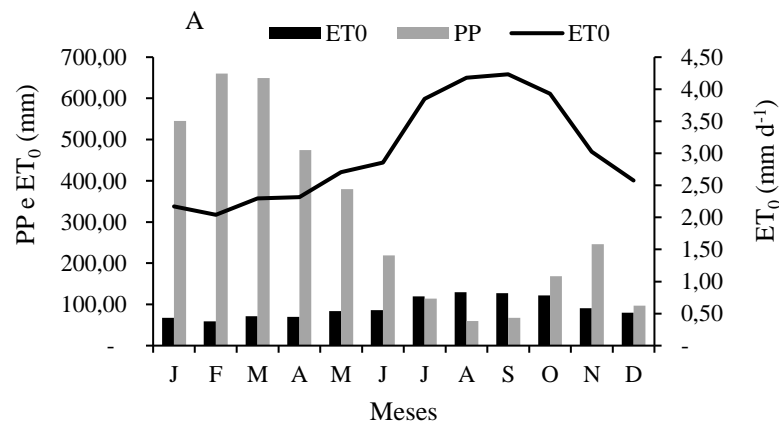
De acordo com os resultados obtidos para as condições meteorológicas, verificou-se que o maior valor de chuva foi observado nos meses de fevereiro, janeiro e março com 660,40, 649,40 e 545,40 mm, respectivamente. Enquanto os menores índices de precipitação foram registrados com 59,60, 67,80mm para os meses de agosto e setembro (Figura 5 A).

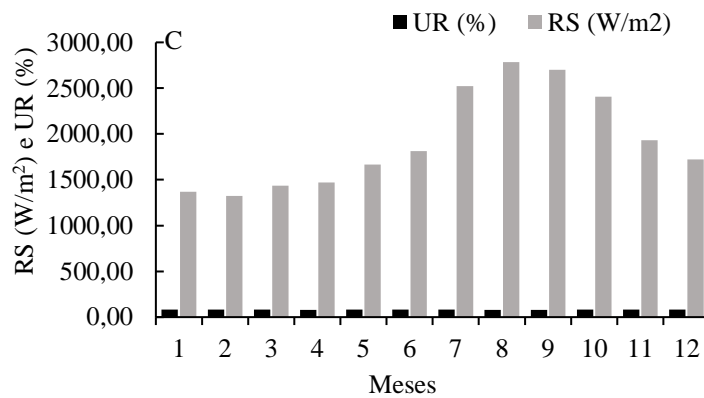
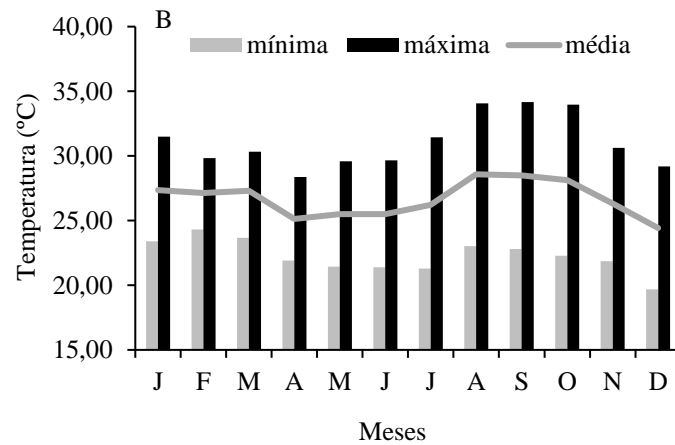
A evapotranspiração de referência (ET_0) no ano de 2020 apresentou valores máximos durante os meses de agosto (129,63 mm), setembro (126,95 mm) e outubro (121,86 mm) e menores frações de ET_0 com 59,18, 67,35 e 69,53 mm para os meses de fevereiro, janeiro e abril. No entanto, à medida que ocorreu o aumento da precipitação, houve redução na evapotranspiração. Observa-se que a ET_0 diária se sobressaiu nos meses de agosto e setembro com 4,18 e 4,23 $mm\ d^{-1}$, e valores mínimos obtidos nos meses de janeiro e fevereiro, com 2,17 e 2,04 $mm\ d^{-1}$ de ET_0 , respectivamente (Figura 5 A).

A temperatura média do ar observada na área experimental foi de 26,67 °C, apresentando menores valores nos primeiros meses do ano, com aproximadamente 22,26 °C. As maiores temperaturas máximas se concentraram no período de agosto a outubro acima de 33,8 °C na área de realização do experimento (Figura 5 B).

Contudo, nota-se que os valores obtidos na estação meteorológica para a radiação solar, houve um maior índice nos meses de julho a setembro e menores valores no período de janeiro a março de 2020. A umidade relativa avaliada diariamente na área experimental manteve-se na faixa de 80 a 82%, não apresentando diferença significativa nos meses avaliados. Destaca-se que os valores encontrados estão dentro do padrão aceitável para a região em estudo, o que favorece o desenvolvimento da cultura do coqueiro anão verde (Figura 5 C).

Figura 5 - Valores de precipitação (PP); evapotranspiração de referência (ET_0) (A); Temperatura média, mínima e máxima (°C) (B); Radiação Solar (W/m^2) e Umidade Relativa (%) (C), durante a condução do experimento, no período de janeiro a dezembro de 2020.





Os resultados corroboram com Hoffmann *et al.* (2018) e Raza *et al.* (2019), quando ressaltam que o nordeste paraense apresenta períodos de seca mais intensos e aumento da temperatura do ar no período de agosto a novembro, o que ocorreu nesse estudo com maior acúmulo de evapotranspiração e temperatura nesses meses. Bastos *et al.* (2002), ressaltam os dois períodos de precipitação na região norte, o chuvoso que se estende de dezembro a maio e o menos chuvoso de junho a novembro, considerando uma região com alto índice pluviométrico anual. Contudo, os períodos de déficit hídrico causam maiores impactos na cultura, alterando a produção e fisiologia da planta (JAZAYERI *et al.*, 2015; VIANA *et al.*, 2019).

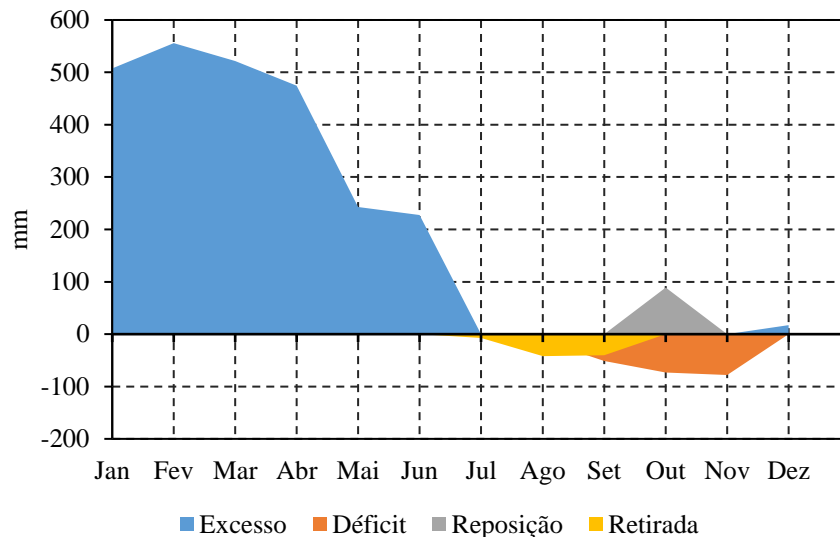
Conforme Caldana *et al.*, (2021), estudando sobre as condições climáticas, estimaram que a probabilidade de ocorrência de temperatura máximas absolutas superiores serão de 35°C e 38°C, em áreas com sistema de irrigação e pode-se optar por seu monitoramento utilizando a água como moderador térmico quando a temperatura atingir o limite exigido pela espécie.

Estudos conduzidos por Campos e Alcantara (2016), mostraram que os maiores índices de radiação foram observados nos meses de setembro e outubro na região metropolitana do Pará, onde a radiação excedeu a 800 W/m², e no período da manhã apresentou maior índice de

radiação, reduzindo consideravelmente no período vespertino. Resultados semelhantes foram obtidos nesse estudo ao analisar os dados diários de radiação solar da estação meteorológica.

No balanço hídrico climatológico para área experimental, percebe-se que a reposição hídrica da água do solo nessa região tem início em novembro e dezembro, início da estação chuvosa. O período de excedente hídrico, estende-se entre janeiro e maio, com máxima de 508 e 475 mm, reduzindo consideravelmente em maio e junho com 243 e 227 mm, dando início ao período de estiagem no mês de julho, época de ocorrência de deficiência hídrica, estendendo-se de julho a outubro com os meses de agosto e setembro com máxima deficiência (Figura 6).

Figura 6 – Extrato do balanço hídrico mensal da área experimental, 2020.



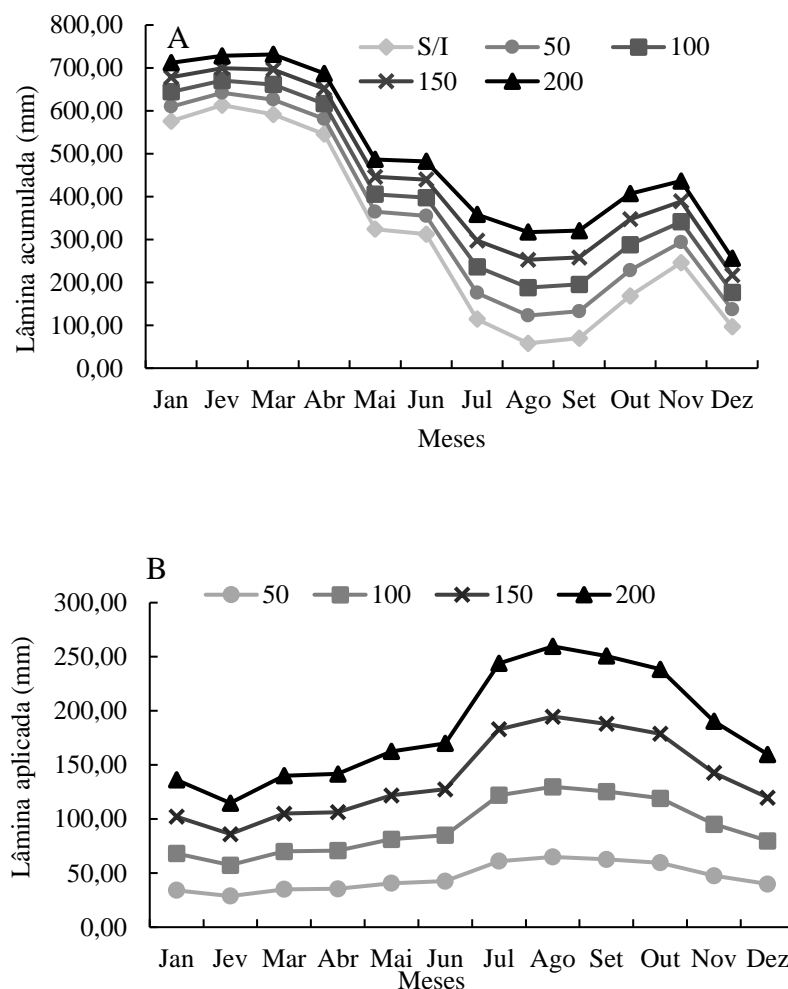
Devido as condições de déficit hídrico, ou seja, a retirada de água do solo, o desenvolvimento das plantas é diretamente afetado, necessitando de técnicas como a irrigação que visam suprir a demanda hídrica da planta (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2018). Segundo Marengo *et al.* (2011) ressaltam que a sazonalidade da precipitação é um dos fatores de grandes impactos para a agricultura e necessita inteiramente da distribuição do total de chuva.

Analisando o regime pluviométrico na Amazônia, observa-se que o maior volume de água ocorre durante os meses de dezembro a maio, com menores índices de chuvas nos meses de junho a novembro (SOUZA *et al.*, 2017). Neste caso, por demonstrar resultados similares a esse estudo, os tratamentos avaliados sempre serão diferenciados de acordo com os meses em que a precipitação diminui e aumenta. Assim como Silva *et al.* (2017), ressaltando sobre a eficiência do método de balanço hídrico, pois à medida que possibilita a identificação dos períodos com deficiências e excedentes hídricos, o método é considerado válido.

Conforme apresenta a figura 7 A, a estação chuvosa teve início no mês de janeiro atingindo uma lâmina acumulada de 575,90 mm ao mês, reduzindo significativamente a partir de maio, e assim iniciando o período de reposição hídrica, quando os valores de precipitação não atenderam a demanda hídrica da cultura do coqueiro, com o menor valor observado no mês de agosto com 57,80 mm. Nota-se que a distribuição de chuvas foi irregular ao longo do ano, sendo a disponibilidade de água controlada mediante as irrigações. Salienta-se que para a lâmina acumulada, usa-se os valores diários de precipitação e ET_0 , por isso as lâminas aumentaram conforme a aplicação das diferentes taxas de evapotranspiração.

Para a lâmina aplicada, é notório o acréscimo da quantidade de água aplicada por meio da irrigação na área experimental, pois as lâminas correspondem a necessidade hídrica da cultura conforme os valores diários de evapotranspiração. Observa-se que a lâmina aplicada se sobressaiu a partir de julho a outubro, com valores máximos de 259,58 e 194,69 mm no mês de agosto para 200% e 150% da ET_0 , período de maior déficit hídrico na região (Figura 7 B).

Figura 7 – Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2020.



Os elementos meteorológicos trazem grandes preocupações para a agricultura, causando riscos e incertezas, além de variabilidade na produção e sensibilidade no manejo das espécies frutíferas (SOMBOONSUKE *et al.*, 2018; SEYEDABADI *et al.*, 2019). Contudo, ao conhecer as características e peculiaridades isoladas do clima e solo da região, darão auxílio nas tomadas de decisões para contribuir na produção e menores perdas agrícolas (AGOVINO *et al.*, 2019).

2.3.1. Trocas gasosas

No período de janeiro de 2020 não ocorreram diferenças significativas nas trocas gasosas na cultura do coqueiro ($p < 0,05$) (Tabela 2). Neste período o experimento estava em fase inicial, as plantas não foram submetidas aos diferentes tratamentos. As variações referentes à taxa de assimilação líquida do CO₂ (A), foram de 14,74 menor valor a 17,74 maior valor, com diferença aproximada de 17%, respectivamente. Na condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração intercelular de CO₂ (C_i) e na eficiência instantânea no uso da água (WUE) a variação foi de aproximadamente 29%. Essas variações se devem aos inúmeros fatores internos e externos as plantas, como podemos exemplificar fatores genéticos e de manejo da cultura.

O experimento foi implantado em plantio comercial isto poderia implicar em baixa uniformidade das plantas por ocorrência do controle do manejo. No entanto, os indivíduos inicialmente eram fisiologicamente semelhantes apesar de existirem variações naturais. Portanto, esse resultado é importante para construir uma base para comparação para as demais avaliações. De acordo com Silva e Rolim (2021), quando o índice de precipitação é alto, especialmente no período inicial de desenvolvimento do coqueiro, o fruto tende a ser mais saudável. Essa influência pluviométrica é confirmada por Cruz *et al.* (2021), em trabalhos realizados com palmeiras e apresentam que o estresse hídrico promoveu reduções significativas no conteúdo relativo de água, área foliar e nas produções de massas secas.

Tabela 2 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (A); condutância estomática ao vapor d'água (gs); transpiração (E); concentração intercelular de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea no uso da água (WUE), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), janeiro de 2020.

Assimilação líquida de CO ₂ (A (μmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET0	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	17.08±2.92	Aa	15.86±1.12	Aa	14.74±1.01	Aa	15.18±1.77	Aa	17.34±2.06	Aa
50	17.43±1.47	Aa	15.74±1.73	Aa	15.04±1.45	Aa	15.64±3.15	Aa	14.11±2.92	Aa
100	17.49±1.93	Aa	15.99±2.16	Aa	15.28±1.11	Aa	16.38±1.93	Aa	15.59±3.07	Aa
150	16.58±1.39	Aa	17.4±1.57	Aa	16.99±1.15	Aa	16.23±3.07	Aa	15.91±1.31	Aa
200	17.53±1.71	Aa	15.73±1.29	Aa	14.97±1.46	Aa	17.74±1.3	Aa	17.27±3.08	Aa
Condutância estomática (g _s (mmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET0	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	146.53±48.3	Aa	145.95±26.76	Aa	165.42±19.56	Aa	191.24±23.48	Aa	184.45±10.93	Aa
50	188.55±17.33	Aa	163.6±28.89	Aa	155.05±14.84	Aa	167.42±21.08	Aa	163.92±36.25	Aa
100	155.08±24.35	Aa	184.08±41.48	Aa	172.82±28.67	Aa	163.43±31.82	Aa	189.64±27.41	Aa
150	158.74±33.07	Aa	178.03±18.45	Aa	186.43±14.81	Aa	169.14±53.36	Aa	159.92±22.05	Aa
200	191.72±23.72	Aa	199.23±74.59	Aa	151.85±24.5	Aa	194.23±25.3	Aa	198.1±27.06	Aa
Transpiração E (mmol m ⁻² s ⁻¹)										
ET0	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	2.72±0.59	Aa	2.73±0.44	Aa	2.54±0.35	Aa	2.39±0.32	Aa	2.84±0.23	Aa
50	2.63±0.48	Aa	3.18±0.45	Aa	2.86±0.25	Aa	2.24±0.25	Aa	2.66±0.43	Aa
100	2.96±0.13	Aa	3.09±0.46	Aa	3.05±0.27	Aa	2.63±0.4	Aa	2.76±0.7	Aa
150	2.34±0.35	Aa	2.72±0.41	Aa	2.66±0.4	Aa	2.44±0.56	Aa	2.44±0.27	Aa
200	2.46±0.32	Aa	2.54±0.8	Aa	2.67±0.23	Aa	2.39±0.31	Aa	2.91±0.56	Aa
Ci (μmol mol ⁻¹)										
ET0	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	193.97±37.39	Aa	201.4±21.62	Aa	260.36±2.63	Aa	262.1±13.64	Aa	215.85±27.5	Aa
50	229.85±27.95	Aa	239.3±48.67	Aa	224.68±9.58	Aa	231.26±16.87	Aa	242.08±29.43	Aa
100	225.91±27.62	Aa	232.9±20.48	Aa	265.82±14.02	Aa	257.29±15.2	Aa	245.45±29.43	Aa
150	186.48±45.13	Aa	221.79±34.28	Aa	231.06±20.3	Aa	228.06±33.5	Aa	219.66±24.34	Aa
200	228.41±33.08	Aa	256.33±71.11	Aa	213.25±30.88	Aa	237.46±8.9	Aa	233.35±35.17	Aa
Wua (mmol mol ⁻¹)										
ET0	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	6.23±0.9	Aa	7.03±1.01	Aa	6.17±0.17	Aa	5.97±0.53	Aa	6.1±1.09	Aa
50	6.22±0.31	Aa	5.51±0.52	Aa	6.14±0.66	Aa	6.31±0.82	Aa	6.22±0.32	Aa
100	6.39±0.35	Aa	5.8±0.1	Aa	5.77±0.44	Aa	5.52±0.58	Aa	6.14±0.64	Aa
150	6.06±0.62	Aa	6.16±0.32	Aa	6.42±0.83	Aa	5.88±1.38	Aa	6.58±0.8	Aa
200	6.23±0.32	Aa	5.83±0.57	Aa	5.08±0.53	Aa	5.34±0.53	Aa	6.46±0.87	Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em outubro de 2020 foi possível observar efeito significativo ($p < 0,05$), entre os fatores lâmina de irrigação e doses de potássio nas trocas gasosas no coqueiro (Tabela 3). Para a assimilação líquida da fotossíntese (A), a lâmina de irrigação com 200% da ET_0 com 2,50 de KCl apresentaram maior taxa de (A), com 64,22% comparando com o tratamento controle. As plantas sem irrigação tiveram os menores valores de fotossíntese líquida (A) em todas as doses de potássio aplicadas. Quando as plantas foram submetidas a doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl, com 100% e 150% da ET_0 , apresentaram maiores valores de (A) assim como na dose 10,00 kg com 100% de irrigação.

A condutância estomática (g_s) e transpiração (E) mostraram efeitos significativos entre os fatores, lâminas de irrigação e doses de potássio, com resultados semelhantes. Desta forma, a maior abertura estomática e transpiração ocorreram na dose 2,50 kg de KCl, na aplicação da lâmina de 200% da ET_0 , na dose 3,75 kg de KCl os valores máximos de (g_s) e (E) foram encontradas na lâmina de 100 %, para os tratamentos com 5,00 kg e 7,50 kg de KCl se destacaram as lâminas de 100% e 150%, no tratamento com 10,00 kg e 100% da ET_0 , notou-se maior abertura de g_s e E . Os valores mínimos da (g_s) e (E) foram observados nas plantas sem irrigação e 50% da ET_0 em todas as doses de potássio.

Na concentração interna de CO_2 (C_i). Observa-se que os menores índices de C_i ocorreram nos tratamentos sem irrigação independente da dose de potássio aplicada. O comportamento das interações entre os tratamentos foi semelhante ao observado nas variáveis (A), (g_s) e (E) avaliadas neste período. Enquanto a eficiência instantânea no uso da água (WUE), demonstrou efeito significativo na interação para as lâminas de irrigação e doses de KCl. Os tratamentos sem irrigação apresentaram maiores valores de (WUE) comparados com os demais, sendo que as menores doses 2,50 e 3,75 kg de KCl mostraram valores máximos de WUE . Nas demais lâminas houve uma tendência de aumento conforme foram elevadas as doses de KCl, porém sem efeitos significativos.

No período de julho a novembro foram registrados os maiores valores de temperatura, radiação, umidade relativa e evapotranspiração diária e menores índices pluviométricos na área experimental, resultando que em outubro de 2020 momento da avaliação de trocas gasosas, as plantas estavam recebendo irrigação para suprir a necessidade hídrica, visto que o déficit hídrico nesse período foi acentuado. Desta forma, caracterizando o período de seca neste ano, possivelmente as plantas sofreram influências das condições climáticas da região, pois estão diretamente relacionados com comportamento vegetativo do coqueiro.

Tabela 3 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (*A*); condutância estomática ao vapor d'água (*g_s*); transpiração (*E*); concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) e eficiência instantânea no uso da água (*WUE*), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), outubro de 2020.

Assimilação líquida de CO ₂ (<i>A</i> (μmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	5.71±0.52	dC	5.23±0.48	dC	8.93±0.38	cB	10.71±0.48	cA	10.8±0.47	cA
50	12.58±0.37	bcA	10.28±1.16	Ca	11.59±1.57	bA	11.04±2.55	bcA	11.78±1.49	bA
100	11.55±2.27	cB	14.25±2.04	aA	12.47±1.05	bAB	14.24±1.75	aA	14.9±1.13	aA
150	13.88±2.75	bB	12.46±2.62	bB	15.66±1.23	aA	14.87±1.58	aA	13.45±1.26	abB
200	15.96±2.67	aA	12.91±2.44	bcB	13.03±1.51	bB	13.72±1.17	bB	13.44±0.05	abB
Condutância estomática (<i>g_s</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	53.21±8.91	cB	57.86±7.53	cB	69.02±5.64	cAB	90.88±6.09	cA	106.04±5.78	cA
50	114.31±4.56	bA	108.18±0.27	cA	94.06±29.5	bA	104.26±10.78	bA	103.35±39.17	cbA
100	95.07±36.94	bA	158.49±19.05	aA	116.81±1.21	bA	144.33±12.16	aA	154.83±15.28	aA
150	101.19±17.86	bA	126.28±10.86	bA	164.94±13.99	aA	160.28±3.57	aA	128.25±22.23	bA
200	184.15±28.27	aA	124.54±9.27	bAB	110.33±26.31	bB	125.09±20.41	bAB	119.2±5.29	bB
Transpiração <i>E</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	1.03±0.21	cB	1.01±0.16	cB	1.22±0.29	cAB	1.41±0.32	cA	1.66±0.31	cA
50	2.28±0.24	bA	1.88±0.22	bA	2.25±0.47	bA	2.86±1.3	bA	3.01±1.00	bA
100	2.85±1.26	bB	3.01±1.02	aB	2.79±0.15	aB	3.58±0.34	aB	4.64±0.43	aA
150	2.76±0.44	bB	2.85±0.72	aB	4.03±0.63	aA	3.44±0.52	aA	3.08±0.77	bA
200	4.16±0.95	aA	3.02±1.66	aB	2.68±0.68	bC	3.67±0.53	aAB	2.67±0.09	bC
<i>C_i</i> (μmol mol ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	50.11±15.66	dD	83.82±18.12	cC	94.5±23.13	cA	112.92±21.95	cA	119.18±2.88	cA
50	192.36±16.95	abA	175.37±7.2	bA	190.02±23.88	bA	200.96±59.56	bA	140.9±5.45	bB
100	143.39±62.33	cB	164.15±49.43	bAB	156.4±22.49	bAB	173.56±20.45	bA	178.34±18.95	bA
150	183.99±34.99	bcC	242.58±43.94	aAB	225.55±42.15	aB	244.72±40.31	aAB	258.03±55.83	aA
200	219.49±65.53	aB	234.36±8.95	aB	185.65±35.3	bB	250.99±8.54	aA	248.02±6.46	aA
<i>Wua</i> (mmol mol ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	6.71±0.11	aB	6.47±0.65	aB	5.99±0.10	aAB	5.47±0.16	aA	5.45±0.36	aA
50	3.87±0.88	bB	4.2±0.05	bA	3.76±1.48	bB	3.63±0.8	bB	3.95±0.96	bB
100	3.08±0.85	bA	4.14±0.45	bA	3.75±0.18	bA	3.96±0.21	bA	4.23±0.23	bA
150	3.32±0.37	bA	4.18±0.45	bA	4.17±0.47	bA	3.52±0.49	bA	4.17±0.59	bA
200	3.93±0.67	bB	3.68±0.58	bB	3.76±0.27	bA	3.76±0.22	bB	3.81±0.10	bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05).

O período de déficit hídrico influenciou diretamente as trocas gasosas do coqueiro, dentre os efeitos negativos, pode se destacar a fotossíntese (A), pois é o que sofre maior influência. Essa redução nas plantas submetidas a seca pode ser de ordem estomática ou bioquímica (BELLASIO *et al.*, 2018; GIMENO *et al.*, 2019). As limitações estomáticas são resultadas da diminuição da abertura estomática influenciada pelo aumento da concentração de ácido abscísico sintetizado na raiz em resposta a baixa disponibilidade hídrica do solo e ocorre sob déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2017). As plantas de coqueiro submetidas aos tratamentos sem irrigação sofreram grandes diminuições nas variáveis (A), (g_s), (E) e aumento na variável (WUA) em relação aos tratamentos irrigados. Corroborando com diversos estudos sobre efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas em coqueiro e outras palmeiras. (SANTOS *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2022, SILVA *et al.*, 2016).

As condições meteorológicas como a temperatura podem influenciar as limitações estomáticas. Segundo Araujo *et al.* (2019), as temperaturas altas induzem o fechamento dos estômatos, reduz a taxa fotossintética e paralisação do crescimento e altas temperaturas causam inibição do desenvolvimento da planta, além da desidratação dos tecidos.

As doses de potássio influenciaram positivamente a fotossíntese e a diminuição das limitações estomáticas neste período. O potássio atua em muitos processos fisiológicos no vegetal e participa da fotossíntese, o que favorece alto estado de energia, regula a abertura e o fechamento dos estômatos, promove a absorção de água, regula a translocação de nutrientes, favorece o transporte e o armazenamento de carboidratos e participa da síntese de amido nas folhas (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

O potássio tem um papel crucial no estado energético da planta, na translocação e no armazenamento de assimilados e na manutenção da relação água-tecido, além de desempenhar papel fundamental na qualidade, estimulando o crescimento da raiz e auxilia o processo de fotossíntese e na respiração, muito necessário para a translocação de açúcares e formação de carboidratos (SALIH *et al.*, 2016). Porém, o excesso de potássio pode levar ao aumento na concentração salina do solo, redução na absorção de outros cátions, como Ca^{2+} e Mg^{2+} , promovendo redução da produtividade (ZANFIROV *et al.*, 2012).

As avaliações fisiológicas nas plantas do coqueiro anão verde não apresentaram significância ($p < 0,05$) entre os fatores lâmina de irrigação (ET_0) e doses de cloreto de potássio (KCl) aplicado via fertirrigação, no período de dezembro de 2020 (Tabela 4).

Contudo foi possível observar que os tratamentos sem irrigação apresentaram valores menores em relação aos demais tratamentos nas variáveis fisiológicas avaliadas, com uma redução em média de 10% em (A), 20% em (g_s e E) e 15% em (C_i). Na variável (WUE) houve

um aumento em média de 25% em relação aos demais tratamentos. Em relação ao comportamento geral das doses de KCl e as lâminas de irrigação, nota-se um aumento dos parâmetros conforme foram aumentadas as doses, apesar de não significativos estes aumentos são em média de 25% em (A), 23% em (*gs* e *E*), 20% em (Ci) e 10% em WUE.

Nos meses de novembro e dezembro de 2020 notou-se um aumento da pluviosidade, conforme apresenta o balanço hídrico da área experimental e esse período é caracterizado de recomposição hídrica, ou seja, o início do período chuvoso da região em estudo. Isso possivelmente justifica o processo de recuperação fisiológica das plantas sob o estresse hídrico, conforme Silva *et al.* (2017) e Flexas *et al.* (2006) com as retomadas das chuvas se inicia a velocidade da recuperação da planta dependendo do grau de severidade do estresse anterior.

Desta forma, as avaliações de trocas gasosas do coqueiro responderam a este estímulo climático, uma vez que as plantas submetidas ao tratamento sem irrigação se recuperaram, elevando sua fotossíntese. A capacidade de recuperação fisiológica das palmeiras após o déficit hídrico foi comprovada por diversos estudos, pois durante o estresse hídrico as plantas mobilizam suas reservas para sustentar o metabolismo e sobrevivência (LI *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2020). Sendo atribuída a diminuição das limitações estomáticas, após a retomada das chuvas, essa diminuição é regulada por fatores não hidráulicos provavelmente influenciado pela ação do ABA (LOVISOLO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2017, SANTOS *et al.*, 2020).

Tabela 4 – Avaliação das trocas gasosas referente à taxa de assimilação líquida do CO₂ (*A*); condutância estomática ao vapor d'água (*g_s*); transpiração (*E*); concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) e eficiência instantânea no uso da água (*WUE*), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), dezembro de 2020.

Assimilação líquida de CO ₂ (<i>A</i> (μmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	12.40±0.73	aA	13.86±1.83	aA	12.46±1.75	aA	12.72±1.74	aA	12.48±1.75	aA
50	14.28±1.74	aA	15.69±1.3	aA	14.33±1.46	aA	14.08±0.41	aA	15.25±1.32	aA
100	13.59±1.7	aA	13.8±2.08	aA	13.55±2.19	aA	13.24±2.01	aA	14.52±1.86	aA
150	13.36±1.64	aA	12.3±1.39	aA	13.06±1.11	aA	12.48±0.87	aA	14.39±0.78	aA
200	13.53±1.16	aA	13.31±1.18	aA	12.94±1.08	aA	12.82±0.82	aA	14.29±0.81	aA
Condutância estomática (<i>g_s</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹))										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	129.79±31.82	aA	185.3±37.67	aA	202.15±42.37	aA	227.1±44.52	aA	253.81±44.43	aA
50	173.35±43.79	aA	212.63±11.14	aA	221.74±30.59	aA	252.87±32.29	aA	229.67±30.3	aA
100	176.51±27.94	aA	248.16±23.58	aA	256.05±9.77	aA	254.31±6.82	aA	284.88±26.45	aA
150	165.08±25.84	aA	222.02±16.25	aA	243.9±19.89	aA	267.05±19.96	aA	264.02±26.53	aA
200	176.58±23.5	aA	234.11±12.07	aA	239.72±14.26	aA	255.33±12.89	aA	261.23±26.81	aA
Transpiração <i>E</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	2.24±0.27	aA	2.37±0.39	aA	2.64±0.41	aA	2.66±0.42	aA	2.82±0.4	aA
50	2.69±0.37	aA	3.04±0.18	aA	3.19±0.31	aA	3.27±0.32	aA	3.30±0.37	aA
100	3.06±0.38	aA	3.19±0.38	aA	3.2±0.4	aA	3.41±0.23	aA	3.77±0.51	aA
150	3.05±0.1	aA	3.24±0.1	aA	3.38±0.41	aA	3.46±0.49	aA	3.59±0.41	aA
200	3±0.21	aA	3.14±0.24	aA	3.33±0.31	aA	3.42±0.28	aA	3.69±0.34	aA
<i>C_i</i> (μmol mol ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	260.63±32.07	aA	266.48±38.41	aA	275.07±36.42	aA	264.38±39.88	aA	263.06±29.6	aA
50	265.45±29.45	aA	275.99±43.6	aA	275±27.96	aA	265.45±38.79	aA	272.74±35.07	aA
100	283.54±35.38	aA	285.5±23.81	aA	278.48±15.31	aA	275.73±36.89	aA	265.43±16.8	aA
150	304.7±45.82	aA	306.22±32.79	aA	302.36±30.34	aA	310.39±46.18	aA	304.72±35.41	aA
200	273.08±34.68	aA	303.15±37.92	aA	280.09±26.97	aA	299.44±32.33	aA	272.58±32.33	aA
<i>W_{ua}</i> (mmol mol ⁻¹)										
ET ₀	Doses de KCl (Kg Planta ⁻¹ ano ⁻¹)									
	2,50		3,75		5,00		7,50		10,00	
SI	5.25±0.45	aA	5.39±0.22	aA	5.63±0.4	aA	5.79±0.47	aA	5.88±0.42	aA
50	5.09±0.37	aA	5.14±0.28	aA	5.56±0.62	aA	5.64±0.62	aA	5.80±0.75	aA
100	4.31±0.92	aA	4.74±0.99	aA	4.28±0.87	aA	4.98±0.91	aA	4.89±0.91	aA
150	4.71±0.59	aA	4.8±0.48	aA	4.38±0.37	aA	4.35±0.34	aA	4.92±0.19	aA
200	4.19±0.14	aA	4.23±0.07	aA	4.76±0.57	aA	4.52±0.73	aA	4.96±0.69	aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$).

A água no solo favorece o meio de transporte dos nutrientes para a planta, o que possivelmente justificou o uso da irrigação para melhor distribuição de água em maior frequência e promoveu maior eficiência na absorção dos nutrientes aplicado via fertirrigação, principalmente nas doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, contribuindo para um maior potencial de água na folha e condutância estomática, pois a fertirrigação proporciona melhor crescimento da planta, tornando-se mais produtiva precocemente e os parâmetros fisiológicos desencadeiam funções que favorece o seu desenvolvimento.

2.4.CONCLUSÃO

Compreende-se, portanto, que as plantas mantiveram comportamentos distintos no que se refere às trocas gasosas avaliadas no período de 2020, considerando as condições climáticas como fatores de interferências para a fisiologia do coqueiro. Diante dos resultados analisados, nota-se que a região em estudo apresenta condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da planta, apesar do período de déficit hídrico, as plantas submetidas aos tratamentos sem irrigação se recuperaram fisiologicamente após o período de estresse.

Os tratamentos submetidos a irrigação e as doses de potássio apresentaram os melhores resultados durante o período seco, diminuindo os efeitos do déficit hídrico, confirmando a eficiência da irrigação e fertirrigação para o coqueiro anão verde. Portanto, a interação dos níveis desses fatores podem influenciar de maneira distinta o processo fotossintético, sendo necessário mais estudos para determinar a função exata destes níveis nas trocas gasosas.

REFERÊNCIAS

- AGOVINO, M., *et al.* Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. **Ecological Indicators**, v.105, 2019.
- ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guide for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p.
- ARAGÃO, W. M. *et al.* Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro Gigante vs híbridos. **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju**, p. 37-60, 2009.
- ARAÚJO, M. B. F., *et al.* Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.10, 2019.
- BASTOS T.X. *et al.* Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. **Embrapa Amazônia Oriental: Documentos 128**, Belém, 31 p, 2002.

BELLASIO, C. *et al.* Stomatal and non-stomatal limitations in savanna trees and C4 grasses grown at low, ambient and high atmospheric CO₂. **Plant Science**, v. 274, p.181–192, 2018.

BRAINER, M. S. C. R.; XIMENES, L. F. Produção de coco – soerguimento das áreas tradicionais do nordeste. **Caderno setorial Etene**, ano.5, n.127, 2020.

CALDANA, N. F. S. *et al.* Zoneamento agrícola de risco climático da bananeira (musa sp) na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.01, p: 407-419, 2021.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. **Embrapa Semiárido-Circular Técnica**, 2008.

CAMPOS, M. S.; ALCANTARA, L. D. S. Interpretação dos Efeitos de Tempo Nublado e Chuvoso Sobre a Radiação Solar em Belém/PA Para Uso em Sistemas Fotovoltaicos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, 570-579, 2016.

CARVALHO, J. S. *et al.* Características fitotécnicas e nutricionais de bananeiras submetidas a fontes de fertilizantes para o manejo orgânico. **Nativa**, v.8, 2020.

CRUZ, M. S. F. V. *et al.* Crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de açaizeiro sob déficit hídrico em Latossolo Amarelo. **Research, Society and Development**, v.10, n.12, 2021.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2008, 356 p.

ENDRES, L. *et al.* Alteração troca gasosa causada por déficit hídrico durante a fase reprodutiva feijão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 3, p.11-16, 2010.

FLEXAS, J. *et al.* Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 3, p. 343–352, 2006.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, 2019.

GIMENO, T.E. *et al.* A novel optimisation approach incorporating non-stomatal limitations predicted stomatal behaviour on species from six plant functional types. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 5, p. 1639–1651, 2019.

GUERRA, A. G. *et al.* Frequência da fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 80- 88, 2004.

HOFFMANN, E. L. *et al.* Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1251–1263, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2019. Disponível em:

- <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44>. Acesso em: 28 julho 2021.
- JAZAYERI, S. M. *et al.* Efectos fisiológicos del déficit hídrico en dos genotipos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Agronomia Colombiana**, v. 33, n. 2, p. 164–173, 2015.
- LI, Q. *et al.* Growth and physiological responses to successional water deficit and recovery in four warm-temperate woody species. **Physiologia Plantarum**, v. 167, n. 4, p. 645–660, 2019.
- LINS, P. M. P.; VIÉGAS, I. J. M. Adubação do coqueiro no Pará. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.
- LOVISOLO, C. *et al.* Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. **Functional Plant Biology**, v. 37, n.2, p:98, 2010.
- MARENCO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa *et al.* Eds. **Recursos hídricos em regiões áridas e Semiáridas**. Campinas Grande PB: Instituto Nacional do Semiárido, p. 383-416, 2011.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. Londres: Academic Press, 2012. 651 p.
- MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L.A. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2011.
- MIRANDA, F. R. *et al.* Fertirrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.
- OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.
- RAZA, A. *et al.* Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. **Plants**, v. 8, n. 2, p. 34-30, 2019.
- SALIH, R. F. *et al.* Improve Quality and Quantity of Plant Products by Applying Potassium Nutrient (A Critical Review). **Journal of Zankoy Sulaimani**, v.18 n.2 p.197-208, 2016.
- Santos, M. M. S. *et al.* Ecophysiology of the tall coconut growing under different coastal areas of northeastern Brazil. **Agricultural Water Management**, v.232, p.106047, 2020.
- SANTOS, R.I.N, C. *et al.* Leaflet gas exchange and chlorophyll fluorescence evidence the sensitivity of young açai palms to progressive drought. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.44, n.31, 2022.
- SEYEDABADI, E., *et al.* Online measuring of quality changes of banana slabs during convective drying. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.12, 2019.

- SILVA, G. N.; *et al.* Estimativa do balanço hídrico climatológico: um estudo de caso. **Vivências**, v.13, n.25, p.117-127, 2017.
- SILVA, N. C.; ROLIM, M. M. Impactos do ácaro da necrose no desenvolvimento de frutos híbridos de coqueiros em plantio comercial. **Research, Society and Development**, v. 10, n.17, p:731-748, 2021.
- SILVA, P. A. *et al.* Leaf gas exchange and multiple enzymatic and non-enzymatic antioxidant strategies related to drought tolerance in two oil palm hybrids. **Trees - Structure and Function**, v. 30, n. 1, p. 203–214, 2016.
- SILVA, P.A. *et al.* Leaf gas exchange and multiple enzymatic and non-enzymatic antioxidant strategies related to drought tolerance in two oil palm hybrids. **Trees**, v. 30, n.1, p. 203–214, 2016.
- SOMBOONSUKE, B. *et al.* Farmers' perceptions of impacts of climate variability on agriculture and adaptation strategies in Songkhla Lake basin. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, v. 39, 2018.
- SOUSA, L. A. S.; JARDIM, M. A. G. Sobrevivência e Mortalidade de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) Cultivadas em Capoeira no Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 10, p. 255-257, 2007.
- SOUSA, V.F. *et al.* Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. 2. Ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2014.
- SOUZA, E. B. *et al.* Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 81-93, 2017.
- TAIZ, L., ZEIGER. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre, 2017. p.858 p.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 1955. 104p.
- VIANA, J. L. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas da palma de óleo irrigada em fase inicial de desenvolvimento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 405–423, 2019.
- ZANFIROV, C. A. *et al.* Produção de cenoura em função das doses de potássio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.747-750, 2012.
- ZHANG, L. *et al.* Differences in near isohydric and anisohydric behavior of contrasting poplar hybrids (I-101 (*Populus alba* L.) x 84K (*Populus alba* L. x *Populus glandulosa* Uyeki) under drought-rehydration treatments. **Forests**, v. 11, n. 4, 2020.

3. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE COCO (*Cocos nucifera* L) SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO

RESUMO

O coqueiro é uma das espécies frutíferas com grande expansão de produção no mundo, devido ser de fácil adaptação. O consumo de água de coco está crescendo consideravelmente nos últimos anos, por ser um produto saudável e repositor de sais minerais. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da evapotranspiração e as doses de KCl via fertirrigação sobre a qualidade físico-química da água de coco nas condições climáticas da região Nordeste Paraense. O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel, PA. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições (S/I (sem irrigação); 50%, 100%, 150% e 200%) e (100%; 150%; 200%; 300% e 400% de KCl). As colheitas foram realizadas a cada 21 dias por dois anos (2020 – 2021) e os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e teste t, por meio do Sisvar. Foram avaliadas as variáveis sólidas solúveis totais, condutividade elétrica, pH e acidez titulável. Os resultados evidenciaram que as diferentes doses de potássio interferiram significativamente sobre os parâmetros físico-químicos na água de coco, após as plantas serem submetidas às diferentes lâminas de irrigação, com os melhores resultados para a aplicação de 5,00 e 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, na lâmina de 100% e 150% da ET₀. Conclui-se que os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil.

Palavras-chave: Colheita; Coqueiro; Produção; Qualidade da água.

ABSTRACT

The coconut tree is one of the fruit species with great expansion of production in the world, due to its easy adaptation. The consumption of coconut water has grown considerably in recent years, as it is a healthy product and replenishes mineral salts. The objective of the study was to evaluate the influence of evapotranspiration and KCl doses via fertirrigation on the physicochemical quality of coconut water in the climatic conditions of the Northeast region of Pará. The experiment was implemented at the Reunidas Sococo farm, Santa Izabel, PA. A randomized block design was used, in a 5 x 5 factorial scheme, with 25 treatments and three replications (S/I (no irrigation); 50%, 100%, 150% and 200%) and (100%; 150%; 200%; 300% and 400% KCl). Harvests were carried out every 21 days for two years (2020 – 2021) and data were subjected to analysis of variance, regression and t-test using Sisvar. The variables total soluble solids, electrical conductivity, pH and titratable acidity were evaluated. The results showed that the different doses of potassium significantly interfered with the physicochemical parameters in coconut water, after the plants were submitted to different irrigation depths, with the best results for the application of 5.00 and 7.50 kg of KCl plant⁻¹ year⁻¹, at 100% and 150% of ET₀. It is concluded that the results are within the standards established by current legislation in Brazil.

Keywords: Harvest; Coconut tree; Production; Water quality.

3.1.INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L) é uma das espécies frutíferas com grande expansão de produção no mundo, devido ser de fácil adaptabilidade em solos, umidade e boa precipitação (MARTINS; CUENCA, 2018). É uma monocotiledônea das regiões tropicais que pertence à família Arecaceae, dividida em duas variedades, sendo as principais características do coqueiro anão, precocidade, produtividade e menor porte (ALMEIDA *et al.*, 2006).

A produção mundial de coco em 2020 foi de aproximadamente 63,6 milhões de toneladas, concentrada em três países, Indonésia (30,1%), Filipinas (24,7%) e Índia (19,0%). O Brasil continua como o quarto maior produtor, com a participação de 4,5% do total mundial (BRAINER, 2020). A produção nacional atingiu mais de 1,5 milhões de toneladas de frutos colhidos no ano de 2019 com aproximadamente 186 mil hectares. O estado da Bahia destaca-se como o maior produtor, seguido por Ceará e Pará (IBGE, 2020).

Os fatores que mais influenciam no desenvolvimento vegetal são os nutrientes e a água, que contribuem para o aumento de produtividade e qualidade dos frutos (FRANÇA NETO, 2016). Os nutrientes são fornecidos junto com a água na fertirrigação, promovendo uma melhor distribuição e maior parcelamento das adubações nas plantas (DUENHAS *et al.*, 2002). O potássio é um dos nutrientes mais utilizados na fertirrigação, pois apresenta eficiência devido à elevada mobilidade no solo e a alta solubilidade em água (GUERRA *et al.*, 2004).

O consumo de água de coco vem crescendo consideravelmente em torno de 15% a 25% nos últimos anos, além do bom desempenho no mercado interno essa bebida tem um crescimento significativo na exportação (LIMA; SILVA, 2019). A água de coco tem grande popularidade no mercado mundial, por ser um produto saudável e considerado um dos principais repositores de sais minerais (LIMA *et al.*, 2015). Durante o desenvolvimento do fruto, a composição da água de coco sofre influências da temperatura, umidade, radiação solar, chuvas e diferentes tratamentos culturais (MACIEL *et al.*, 2009).

A água de coco possui quantidades significativas de nutrientes, sendo muito utilizada pela população para uma vida mais saudável, pelos benefícios nutricionais que possui (BHULLAR *et al.*, 2018). Isso ocorre, principalmente pela presença de eletrólitos, sais minerais, vitaminas e glicídios que podem prevenir a desidratação e atuarem como isotônico natural (PREETHA *et al.*, 2017).

De acordo com a Instrução Normativa nº 9/2020, a água de coco é a bebida não diluída, não fermentada, obtida da parte líquida do fruto do coqueiro, por meio de processo tecnológico adequado e todas as águas comercializadas devem possuir características sensoriais de aspecto, cor, sabor e odor característicos, e estarem dentro dos parâmetros físico-químicos 2020

(BRASIL, 2020). A água do coco verde pode ser consumida tanto na forma in natura quanto processada e corresponde cerca de 25% do peso do fruto, 93% de água e 5% de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais, além de ser usada como substituto da água e reposição de eletrólitos nos casos de desidratação (ARAGÃO *et al.*, 2001; AROUCHA e VIANNI, 2002).

A água de coco tornou-se uma bebida muito consumida, gerando alta rentabilidade aos produtores e vendedores (MARTINS *et al.*, 2011). Além das suas características físicas e químicas, com diversos estudos nos últimos anos para sua utilização em procedimentos clínico-cirúrgicos (BARBOSA *et al.*, 2021). No entanto, o objetivo do estudo foi avaliar a influência das diferentes frações de evapotranspiração e as doses de potássio aplicado via fertirrigação sobre a qualidade físico-química da água de coco sob as condições climáticas da região paraense.

3.2.MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização e condução do experimento

O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, no município de Santa Izabel do Pará – PA. A região apresenta clima AFi Segundo Köppen, com temperatura média de 26° C e o solo classificado como Neossolo Quartzarênico.

No início da implantação da cultura do coqueiro na área experimental, foi realizado a correção e o preparo do solo, com a aplicação de corretivos, aração e duas gradagens. Em seguida, ocorreu o semeio de pueraria, para posterior plantio das mudas de coco com 11 meses de idade. Foi utilizada a variedade anão, no espaçamento de 7,5 m em triângulo equilátero.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco frações de evapotranspiração (S/I (sem irrigação), 50%, 100%, 150% e 200% da ET_0) para a reposição da lâmina de água e cinco doses de potássio seguindo a recomendação de adubação utilizada pela empresa Sococo (100%; 150%; 200%; 300% e 400%, equivalente a 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, aplicado via fertirrigação.

3.2.2. Manejo da irrigação e fertirrigação

O monitoramento da evapotranspiração foi obtido por meio de uma estação meteorológica instalada próximo a área experimental, seguindo as recomendações por Allen et al. (1998), Penman-Monteith. A lâmina líquida (LL) de irrigação foi estimada em função da fração da evapotranspiração de referência em estudo. Foi calculada a lâmina bruta (LB) e o tempo de irrigação (TI). As parcelas foram compostas por 8 plantas, considerando a parcela útil

com 6 plantas. A aplicação da fertirrigação foi realizada semanalmente, utilizando os fertilizantes uréia, MAP, Stoller de magnésio e cloreto de potássio.

Foi realizada a eficiência de aplicação (E_a) e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) no início da instalação do sistema e a cada 6 meses, seguindo a metodologia proposta por Calgaro e Braga (2008). Cada planta recebeu um microaspersor rotativo a uma vazão (q_a) média dos emissores de 96 L h^{-1} , com eficiência da área irrigada de 60%. Os emissores foram posicionados a 1 metro da base da planta a uma pressão de serviço de 2 bar. A linha de derivação foi conectada à linha principal com diâmetro de 125 mm, controladas por um painel controlador da Hunter.

3.2.3. Colheita dos frutos

A colheita dos frutos do coqueiro foi realizada na parcela útil central, a cada 21 dias, em cachos com 7 meses após a abertura da inflorescência, realizada entre o horário das 6:00 às 8:00 horas da manhã durante o período de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. Os frutos foram levados para o laboratório de fitossanidade da empresa onde ocorreu a avaliação das características, peso dos frutos (kg) e volume de água (ml), enquanto ao número de frutos por planta (NF), foi realizada diretamente no campo durante a colheita (Figura 8).

Figura 8 – Colheita, peso e volume de água dos frutos do coqueiro anão verde fertirrigado, 2020 e 2021.



Fonte: A autora (2021).

3.2.4. Extração da água de coco

Após a colheita, os frutos foram transportados para o laboratório da empresa para extração da água, onde é extraída pela abertura do pedicelo dos frutos, conhecido também por “olho” do coco, com auxílio de uma faca, em seguida a água foi filtrada, e posteriormente acondicionadas em garrafas de polietileno e armazenadas em freezer para melhor conservação.

Logo, os frascos com as amostras foram acondicionados em uma caixa térmica com bolsas de gelo e transportados até o Laboratório CTA – Centro de Tecnologia Agropecuária da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e o Laboratório de Microbiologia do Solo, para posterior análises físico-químico seguindo a recomendação do Instituto Adolfo Lutz (2008). As colheitas foram realizadas a cada 21 dias, no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. Os frascos foram lavados e descontaminados com ácido nítrico e enxaguadas em água destilada, conforme orientação técnica do laboratório, para posterior utilização.

3.2.5. Sólidos Solúveis Totais - (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado pelo Método Refratométrico, em refratômetro analítico da marca INTRUTHERM® modelo RT-90 ATC e os resultados expressos em °Brix. Foram realizadas as análises em triplicata para cada tratamento (Figura 9 A). De acordo com a Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009, não determina um padrão para o teor de sólidos solúveis (°Brix) em amostras de água de coco *in natura*, pois elas não são submetidas a processos industriais e não estabelece valores de referência para os demais parâmetros. Porém, a nova Instrução Normativa nº 9, de 30 de janeiro de 2020 estabelece que os parâmetros físico-químicos para as águas de coco integral, padronizada e reconstituída devem ser de no mínimo 4,0 os sólidos solúveis em °Brix.

3.2.6. Condutividade Elétrica - (C.E)

Para determinar os valores da condutividade elétrica (CE), agitou-se as amostras de água de coco, utilizando-se 10 ml das mesmas em um Becker de 100 ml, as leituras foram realizadas por meio do condutivímetro da marca LUTRON® modelo CD-4301, os resultados expressos em miliSiemens por centímetro ($m^S.cm^{-1}$) (Figura 9 B).

3.2.7. Potencial Hidrogeniônico - (pH)

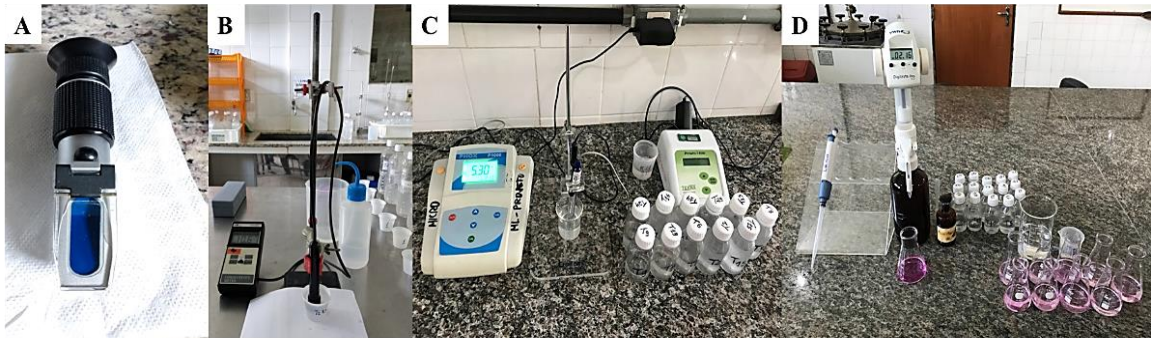
Determinado pelo método potenciométrico, com pHmetro LUCADEMA (modelo mPA210), conforme o método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008) (Figura 9 C).

3.2.8. Acidez Total Titulável e - (ATT%)

A determinação de acidez titulável total (ATT) foi determinada pelo Método Acidimétrico através de uma bureta digital, utilizando-se 10 ml de água de coco diluída em 100 ml de água destilada dentro de um Erlenmeyer de 125 ml. Utilizou-se a solução de NaOH 0,1M como titulante, que é expressa em g de ácido málico/100 ml e 3 gotas de fenolftaleína sob

agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 segundos. A relação dos sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT), ocorreu através dos dos métodos descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e Aroucha *et al.* (2010) (Figura 9 D).

Figura 9 - Determinação dos sólidos solúveis totais (A); condutividade elétrica (B); potencial hidrogeniônico (C) e acidez total titulável (D) da água de coco fertirrigado com potássio, 2020 e 2021.



Fonte: A autora (2021).

3.2.9. Condições climáticas e lâmina de irrigação

As condições climáticas foram avaliadas diariamente e os resultados foram obtidos a partir de dados da estação meteorológica, como evapotranspiração de referência (ET_0); precipitação (PP); Temperatura média ($^{\circ}C$); Umidade Relativa (%) e Radiação Solar (W/m^2) durante a condução do experimento, 2020 – 2021.

3.2.10. Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e o teste F (ANOVA), análise de regressão polinomial e foi aplicado o teste de t (Student) entre as médias a 5% de probabilidade através do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

3.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos para as condições meteorológicas, verificou-se que o período de maior intensidade de chuvas em 2020 ocorreu nos meses de janeiro, enquanto nos meses de julho a outubro teve o déficit hídrico com a necessidade da reposição hídrica para as plantas. Em 2021 a precipitação ocorreu durante todo o ano, sem necessidade de reposição de água, mesmo no período menos chuvoso (julho a novembro) (Tabela 5).

A evapotranspiração de referência (ET_0), temperatura, umidade relativa e radiação solar, apresentaram valores mais intensos no período menos chuvoso (julho a outubro), para os dois anos estudados. As condições climáticas interferem nos resultados físico-químicos da água de

coco, pois o excesso de água ou déficit hídrico podem comprometer os teores de sólidos solúveis totais e pH, reduzindo a qualidade e produtividade da água de coco (Tabela 5).

A radiação solar (W/m^2) e umidade relativa do ar (%) observadas por meio dos valores diários da estação meteorológica, demonstraram que nos meses com maiores intensidades de chuvas, houve uma redução na radiação, com incrementos nos meses de julho a setembro, o que possivelmente justifica a eficiência do uso da água e produção de frutos nesse período, pois a radiação solar interfere diretamente nas condições fisiológicas e produção do coqueiro.

Em 2021 esses resultados foram similares, pois a radiação reduziu conforme o aumento das chuvas e possivelmente essa redução ocorreu devido o ano ser atípico, considerado chuvoso para todos os meses. Para a umidade relativa do ar, nota-se que os valores foram similares para os dois anos, com exceção aos primeiros meses de fevereiro a maio de 2021, considerados com maiores intensidades para a umidade relativa comparando com os demais (Tabela 5).

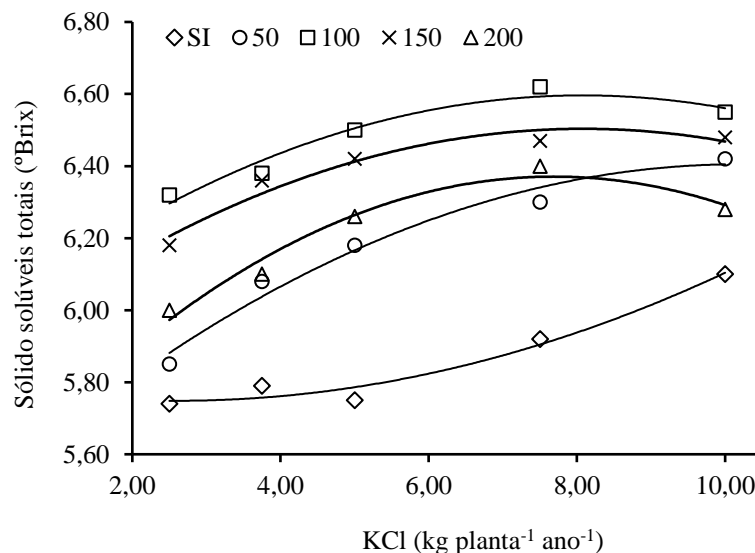
Tabela 5 - Valores climáticos da área experimental no período de 2020 e 2021.

Valores meteorológicos da área experimental - 2020					
Meses	ET0 (mm)	PP (mm)	Tar (°C)	UR (%)	RS (W/m²)
Jan	68,10	545,90	27,35	81,09	1368
Fev	57,40	640,20	27,14	81,99	1325
Mar	70,00	591,40	27,32	80,80	1434
Abr	70,84	525,50	25,12	80,60	1470
Mai	81,27	344,00	25,51	80,95	1665
Jun	84,98	312,30	25,51	81,78	1813
Jul	121,96	114,32	26,21	82,44	2522
Ago	129,79	57,80	28,58	80,10	2785
Set	125,37	69,80	28,49	78,93	2701
Out	119,21	168,40	28,12	81,23	2408
Nov	95,15	246,00	26,31	82,22	1931
Dez	79,88	96,80	24,42	82,56	1723
Valores meteorológicos da área experimental - 2021					
Meses	ET0 (mm)	PP (mm)	Tar (°C)	UR (%)	RS (W/m²)
Jan	72,75	106,20	24,75	86,26	1754
Fev	70,19	401,40	26,52	89,23	1665
Mar	80,62	223,76	26,97	88,79	1715
Abr	81,86	322,20	27,98	88,26	2009
Mai	90,53	350,00	27,53	88,28	1927
Jun	86,98	222,40	27,21	85,98	2205
Jul	92,66	246,60	27,95	86,83	2310
Ago	108,33	171,88	27,52	86,10	2410
Set	101,14	221,00	28,06	84,45	2546
Out	111,06	231,80	27,45	83,07	2543
Nov	94,29	308,00	27,03	84,94	2095
Dez	85,36	178,00	26,85	85,73	1856

Depreende-se, portanto, que para os parâmetros físico-químicos avaliados na água de coco houve efeito significativo entre os fatores lâmina de irrigação (ET_0) e as diferentes doses de potássio aplicado via fertirrigação. Os teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$) avaliados na água de coco em 2020, foram significativos (Figura 10). A lâmina de irrigação com 100% da ET_0 se sobressaiu quando comparada com o tratamento sem irrigação (SI), com 6,32 a 6,62 nos teores de sólidos solúveis totais, as plantas não irrigadas apresentaram valores inferiores com 5,74 a 6,10. Os resultados foram similares para os 150% da ET_0 , com 6,18 a 6,47 de $^{\circ}Brix$.

Verifica-se que houve uma redução no teor de $^{\circ}Brix$ para a lâmina de irrigação de 200% da ET_0 , quando as plantas foram submetidas a fertirrigação com 10 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, com 6,28 de $^{\circ}Brix$, enquanto as plantas expostas a 50% da ET_0 se sobressaíram com maiores valores na mesma dose de potássio. Contudo, é possível observar que houve um incremento nos valores de sólidos solúveis totais na água de coco com as doses 7,50 kg de KCl, em todas as lâminas de irrigação aplicadas, possivelmente a concentração do íon potássio (K) acentuam a translocação de açúcares o que interfere diretamente no sabor da água do coco.

Figura 10 - Teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.

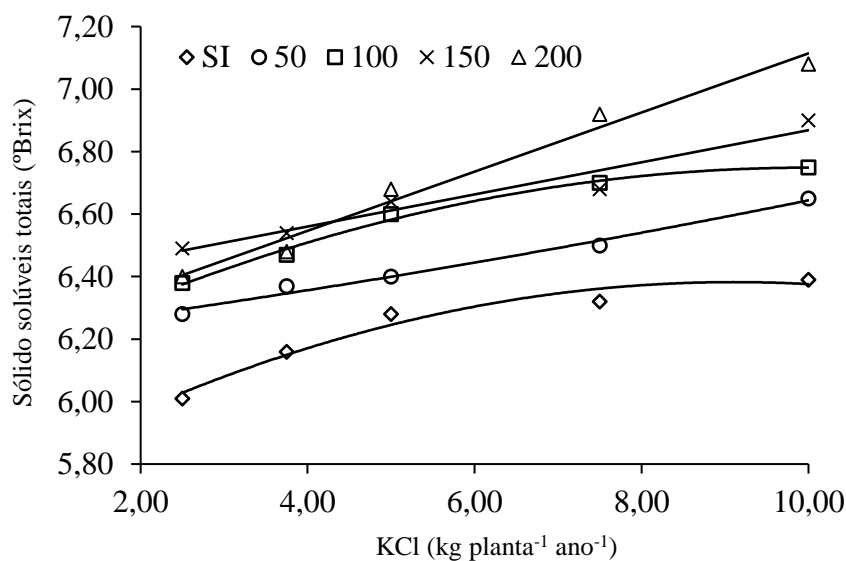


Os teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}Brix$) avaliados no ano de 2021 (Figura 11), apresentaram resultados similares com 2020. Observa-se que os menores valores foram obtidos nos tratamentos sem irrigação e 50% da ET_0 , para todas as doses de cloreto de potássio aplicado via fertirrigação. Os demais tratamentos apresentaram resultados semelhantes, se destacando 100% e 150% da ET_0 nas doses de 5,00 e 7,5 kg de KCl com 6,60 a 6,70 de $^{\circ}Brix$, considerando-

se os melhores resultados de acordo com Aroucha *et al.* (2014), que ressaltaram os valores máximos de °Brix devem ser de 6,70.

Quando as plantas foram submetidas as condições de maior tempo de irrigação, com 200% da ET_0 , os resultados dos teores de açúcares foram superiores, com até 7,08 de °Brix na dose de 10,00 kg de KCl, o que possivelmente justifica que o incremento de potássio, via fertirrigação e elevou o °Brix da água de coco, não concordando com Aroucha *et al.* (2014).

Figura 11 - Teores de sólidos solúveis totais (°Brix) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação 2021.



Portanto, todos os valores encontrados para sólidos solúveis totais em °Brix nesse estudo estão dentro do padrão reconhecido pela nova Instrução Normativa nº 9, de 30 de janeiro de 2020, a qual estabelece que os parâmetros físico-químicos para as águas de coco integral, devem ser de no mínimo 4,0 em sólidos solúveis em °Brix.

Levando em consideração os teores de °Brix para a água de coco *in natura* de acordo com a instrução normativa, todos os tratamentos apresentaram resultados satisfatórios, o que pode ser justificado por Aroucha *et al.* (2014) quando ressaltam que a cultivar anão caracteriza-se por ser precoce e por seus frutos ainda verdes possuírem água de sabor doce, devido ao acúmulo de açúcares redutores. Além disso, Silva *et al.* (2006) verificaram que os teores de sólidos solúveis na água de coco aumentam com as doses de potássio, com valores que variaram de 5,64 a 5,88%, confirmando os resultados nesse estudo.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) das amostras estudadas por Vasconcelos *et al.* (2015) mantiveram-se dentro da faixa limite estabelecida, variando de 5,75 a 6,45 (°Brix),

valores aproximados foram verificados neste trabalho com a mesma variedade de coqueiro anão verde, o que evidencia a qualidade da água com relação aos solutos solúveis totais.

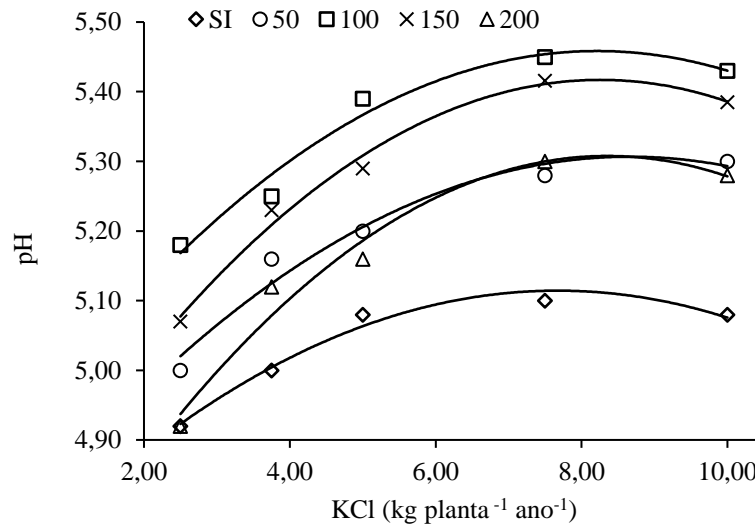
O teor de SST está diretamente relacionado à doçura e manifestação do sabor da água, podendo ser representada pelos açúcares (SILVA *et al.*, 2013), no entanto podemos assegurar que a água analisada apresenta doçura adequada para consumo. Imaizumi *et al.* (2016), ao estudarem a composição físico-química de água de coco *in natura*, encontraram valores médios de 4,04% para açúcares totais.

Os valores de sólidos solúveis totais encontrados nesse estudo, estão condizentes com Tan *et al.* (2013), ao avaliar frutos de diferentes estágios de maturação e observaram resultados semelhantes, com valores médios de 4,85 a 6,15 °Brix. Assim como, Silva *et al.* (2009), analisando águas de coco em dois sistemas de cultivo diferentes (convencional e orgânico), alcançaram valores de 5,58 e 6,0 °Brix.

Houve efeito significativo para os teores de potencial hidrogeniônico (pH) da água de coco quando submetida as diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no ano de 2020 (Figura 12). O aumento do pH foi observado para a lâmina de 100% e 150% da ET_0 a 7,5 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, com pH de 5,45 e 5,42, respectivamente. Conforme aumentaram as doses de potássio nas plantas, os valores de pH foram reduzindo, exceto para o tratamento com 50% da ET_0 que se destacou entre os demais tratamentos. Imaizumi *et al.* (2016) encontraram valores de pH aproximados de 5,21 ao analisar a água de coco *in natura* em algumas cidades brasileiras.

Os menores valores de pH foram encontrados nas doses de 2,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹ para todos os tratamentos estudados, porém as plantas sem irrigação mantiveram-se com pH baixo, 4,92 a 5,10 em todas as doses. Os valores de pH observados nesse estudo, estão condizentes com os valores reconhecidos pela nova Instrução Normativa nº 9-2020, que estabelece os valores de pH para as águas de coco integral, padronizada e reconstituída, os quais devem ser de no mínimo 4,0 e máximo 6,5.

Figura 12 – Valores de potencial hidrogeniônico (pH) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.

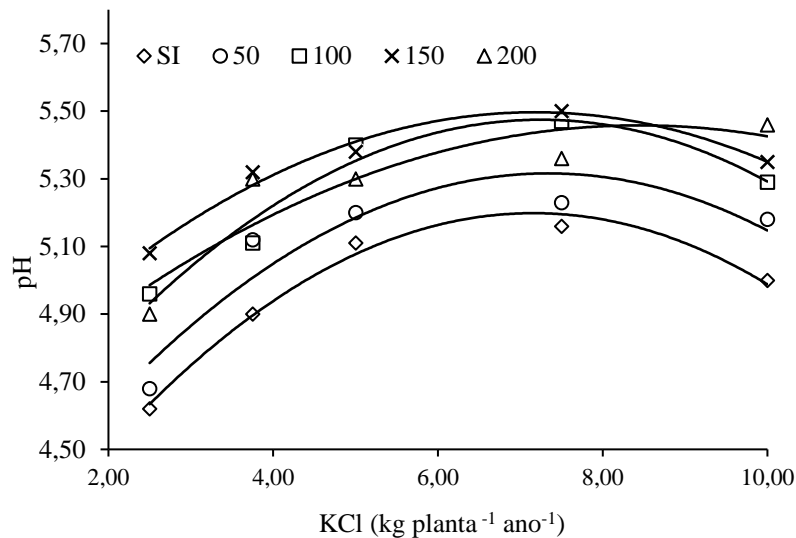


Para as análises de pH da água de coco avaliado no período de janeiro a dezembro de 2021, houve efeito significativo entre os tratamentos avaliados, se destacando as doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹ nas lâminas de irrigação com 100% e 150% da ET_0 , com valores de 5,40 a 5,50 respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Vasconcelos *et al.* (2015) que encontrou pH 5,5 avaliado nas amostras da água de coco *in natura*, ressaltando que esses valores poderão contribuir para o sabor e a adstringência desejável.

Valores mínimos de pH foram observados em os tratamentos na dose de 2,50 kg de KCl, e S/I (Sem Irrigação) e 50% da ET_0 para todas as doses aplicadas. A lâmina de irrigação com 200% da ET_0 manteve os resultados de pH similares, o que provavelmente justifica que quanto mais água disponível para a planta, maior a distribuição do íon potássio (K). No entanto, os resultados obtidos nesse estudo mostraram que os teores de pH da água de coco estão de acordo com a legislação e apresentaram valores ideais para a palatabilidade humana.

O pH da água de coco analisado em duas situações diferentes (industrializadas e *in natura*) variou significativamente, com valores entre 4,52 e 5,76 (BARBOSA *et al.*, 2021). Logo, resultados similares foram encontrados nesse estudo (Figura 13). Concordando com os resultados obtidos por Mendonça *et al.* (2020), onde encontraram pH variando de 4,25 a 5,67.

Figura 13 – Valores de potencial hidrogeniônico (pH) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021.



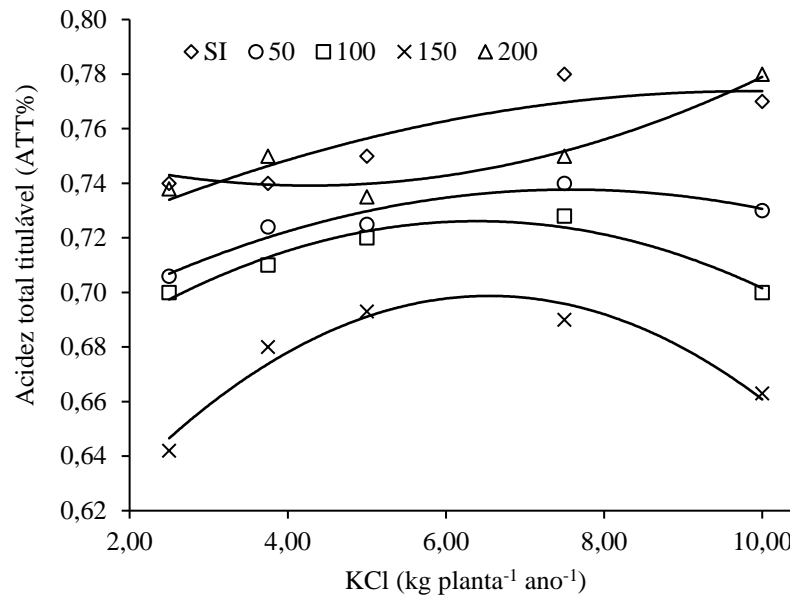
Concernente ao pH, Aroucha et al. (2014) verificaram que os frutos do coqueiro anão verde mantiveram pH de 5,16 na água de coco quando atingiram 7 meses de maturação, o que foi semelhante nos resultados deste estudo, com frutos colhidos com ao 7º mês após abertura da inflorescência. Ao decorrer do desenvolvimento do fruto, o pH da água de coco varia na sua maturação e o teor de ácidos durante o amadurecimento o pH aumenta (PINHEIRO et al., 2005).

As diferentes doses de potássio proporcionaram efeito significativo para a acidez total titulável (ATT%) na água de coco quando as plantas foram submetidas a diferentes lâminas de irrigação no período de 2020 (Figura 14). Verifica-se que os maiores índices de acidez foram encontrados nas doses de 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹ com 0,78% após exposição das plantas a 200% da ET_0 , resultados similares foram observados na água de coco das plantas sem irrigação (SI), porém os maiores índices de acidez ocorreram na dose de 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹.

Para a reposição da lâmina de irrigação 100% e 50% da ET_0 os resultados foram similares, considerando que as menores e maiores doses de KCl reduziram a concentração da acidez, porém quando as plantas foram expostas às doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl houve um acréscimo com 0,74% e 0,73%. Os menores índices de acidez titulável foram verificados nos tratamentos com 150% da ET_0 em todas as doses de potássio aplicadas via fertirrigação.

Estudos conduzidos por BARBOSA et al. (2021) encontraram valores de acidez total titulável variando entre 0,71% e 1,01%, resultados semelhantes foram obtidos nesse estudo. Enquanto Mendonça et al. (2020), observaram valores superiores para a acidez total titulável, com valores em variação de 0,49 a 2,70% de acidez total titulável.

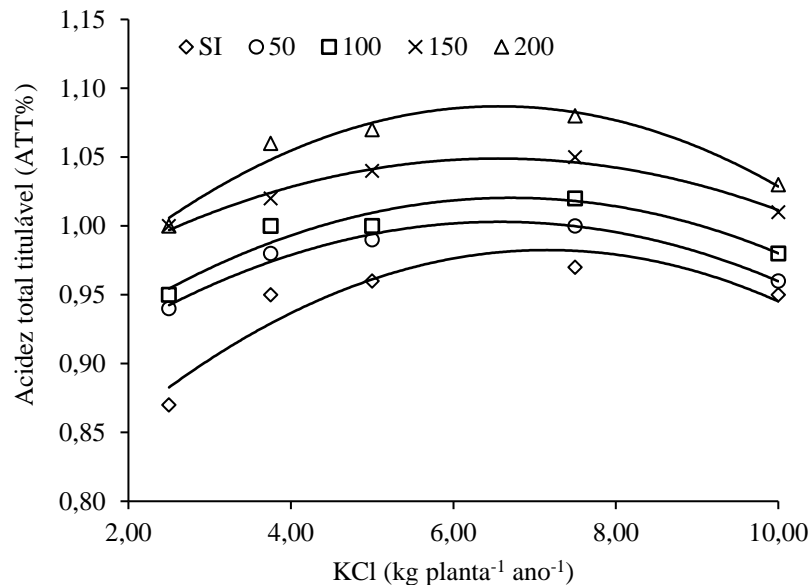
Figura 14 – Percentual de acidez titulável total (ATT%) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.



Houve efeito significativo no percentual de acidez titulável total (ATT%) para todos os tratamentos avaliados em 2021 (Figura 15). Nota-se que as doses de cloreto de potássio exerceram acréscimo de acidez na água de coco quando as plantas foram submetidas as doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, com valores similares de 1,01% a 1,05% para as lâminas de 100% e 150% da ET_0 , não diferindo estatisticamente com a lâmina de 200% da ET_0 comparando com o tratamento controle. Os menores valores foram observados para a água de coco avaliada nas plantas sem irrigação, variando entre 0,87% e 0,95% para todas as doses aplicadas.

A acidez é utilizada como indicador sensorial, pelo seu papel no sabor e aroma da água de coco. Nesse sentido, conforme aumenta as doses de potássio, a ATT é influenciada, o que possivelmente justifica o decréscimo da sua atividade na água, tornando-se como o ponto máximo de absorção de potássio. Logo, todos os valores encontrados estão dentro do limite estabelecido pela Instrução Normativa n. 9 de 30 de janeiro de 2020, pois não existe o valor específico para acidez fixa como parâmetro de qualidade da água de coco *in natura*.

Figura 15 – Percentual de acidez titulável total (ATT%) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl $\text{planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicados via fertirrigação, 2021.



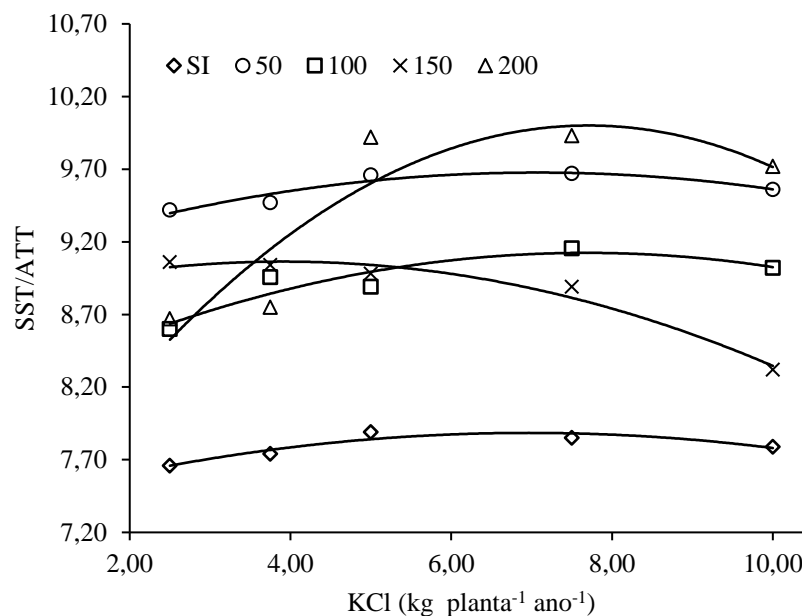
Aroucha *et al.* (2014) observaram decréscimo da acidez titulável em frutos da cultivar anão verde com 7 meses de maturação, o que possivelmente justifica os resultados neste trabalho ao avaliar a acidez titulável no mesmo período de maturação dos frutos. Percentuais superiores de acidez da água de coco que variaram entre 0,67% e 1,47% foram verificados por estudos realizados por Vasconcelos *et al.* (2015), resultados similares foram observados nesse estudo. Assim como, Imaizumi, *et al.* (2016) encontraram valores bem variados de acidez titulável para a água de coco in natura (0,23 a 0,96) em diferentes regiões do Brasil.

De acordo com Charlo *et al.* (2009) e Aroucha *et al.* (2010), o principal ácido orgânico na água de coco é o ácido málico, que é encontrado por meio da acidez titulável. Além disso, é válido ressaltar que a acidez é um indicador sensorial no sabor e aroma da água de coco e na maioria das vezes os valores elevados de acidez titulável, podem indicar que os frutos estão prematuros para a colheita.

A relação de sólidos solúveis totais e a acidez titulável (SST/ATT) apresentaram efeito significativo nos tratamentos avaliados em 2020 (Figura 16). Os menores índices dessa relação ocorreram com as doses de 2,50 e 3,75 kg de cloreto de potássio. Enquanto para a reposição da lâmina de irrigação com 150% da ET_0 houve uma redução com a aplicação de 7,50 e 10,00 kg de KCl, com 8,89% e 8,32% de sólidos e acidez da água de coco, o que foi inversamente proporcional para os resultados obtidos com a lâmina de 200% da ET_0 com as mesmas doses aplicadas, com um incremento de 9,93% e 9,72%, respectivamente.

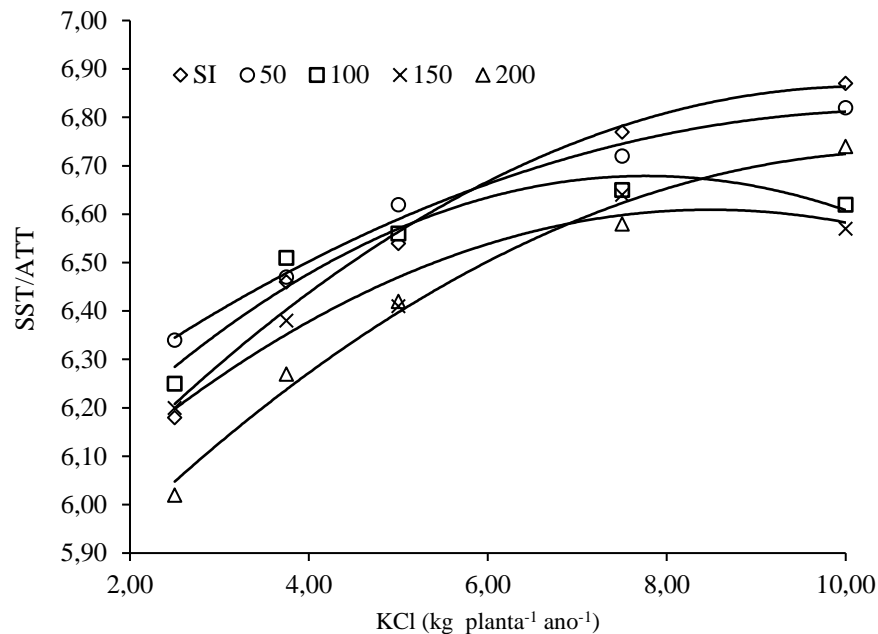
Observando o comportamento das doses de KCl e o efeito da relação da acidez e o °Brix da água de coco para a reposição da lâmina de 50% da ET_0 , houve uma relação similar para todas as doses aplicadas, comparado com os demais tratamentos e os menores valores foram verificados na água de coco das plantas sem irrigação.

Figura 16 – Relação dos sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020.



Nas análises de (SST/ATT) realizadas no ano de 2021 (Figura 17), pode-se observar que houve efeito significativo entre os tratamentos avaliados. Mostra-se que as lâminas de irrigação 50% e 200% da ET_0 e o tratamento sem irrigação, apresentaram os maiores valores de sólidos e acidez, proporcionando uma interação significativa entre as doses de potássio aplicado via fertirrigação, sobretudo com a doses de 10 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, com 6,87%, 6,82% e 6,74% respectivamente. As doses crescentes de potássio resultaram na elevação de SST/ATT para os tratamentos 100% e 150% da ET_0 , na dose de 7,50 kg de KCl de potássio, com 6,65% e 6,64%, reduzindo consideravelmente os teores de sólidos e acidez para 6,57% quando as plantas receberam 10 kg de KCl.

Figura 17 – Relação dos sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2021.



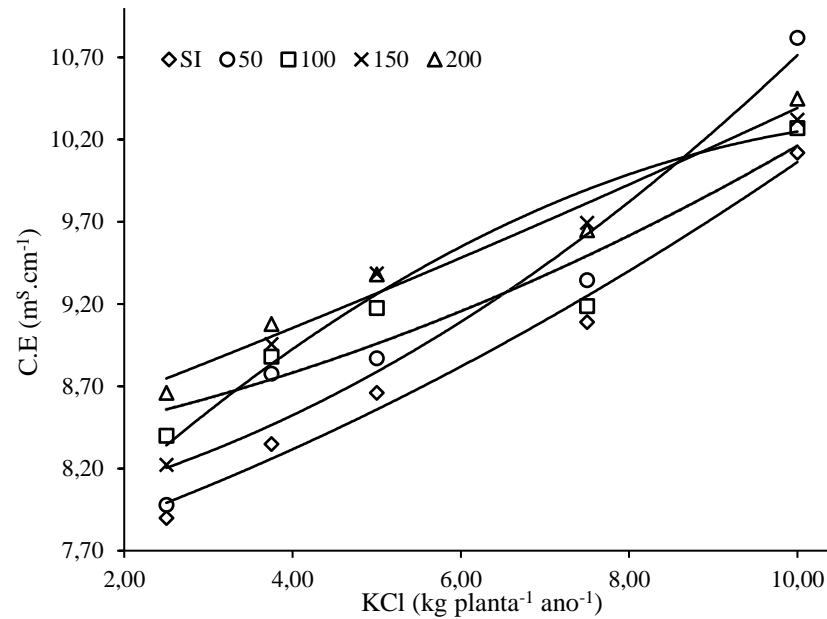
A quantidade de sólidos solúveis totais (SST) está relacionada à doçura e manifestação do sabor da água de coco, assim como a acidez total titulável (ATT), quando apresentam alta percentagem, significa alta concentração de açúcares e essa firme correlação confirma que a água comercializada se encontra com doçura adequada para consumo (SILVA *et al.*, 2013).

Os valores da relação SS/AT obtidos nas avaliações da água de coco realizada por Barbosa *et al.* (2021), variou significativamente, com valores entre 5,02 e 8,55, assim como os autores ressaltam a importância da relação desses componentes, pois é fundamental na avaliação da maturidade do fruto, do aroma e do sabor.

Conforme apresenta a (Figura 18), houve interação estatística significativa entre as doses de potássio e as lâminas de irrigação para o ano de 2020 para a condutividade elétrica (C.E). Verifica-se que a C.E aumentou conforme ocorreram as aplicações das doses de KCl, com um incremento para a dose de 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹ mesmo as plantas submetidas às diferentes lâminas de irrigação e possivelmente o KCl promoveu a produção de compostos mais solúveis na água de coco, o que pode ter refletido em maior condutividade elétrica.

Os menores valores dessa variável foram observados quando as plantas se submeteram a fertirrigação com 2,50 e 3,75 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, principalmente os tratamentos sem irrigação (SI) e 50% da ET_0 , com valores de 7,90 e 7,98 mS.cm⁻¹ de condutividade elétrica, respectivamente.

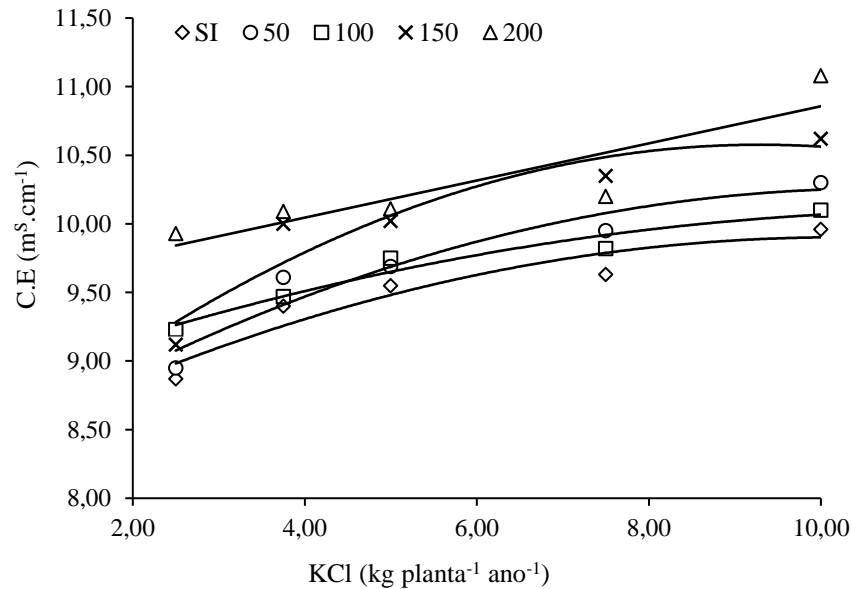
Figura 18 - Condutividade Elétrica C.E ($\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl $\text{planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicados via fertirrigação, 2020.



O incremento do potássio proporcionou um aumento significativo entre os tratamentos para o ano de 2021, porém, os valores foram similares com 2020 (Figura 19). Nota-se que a dose máxima de potássio $10 \text{ kg planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$ auxiliou para um maior acúmulo da C.E na água de coco em todas as lâminas de irrigação aplicadas, assim como no tratamento sem irrigação, com 9,96 a 11,08 de C.E ($\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$). Enquanto as lâminas de 150% e 200% da ET_0 , mantiveram valores máximos de C.E para todas as doses de potássio aplicado via fertirrigação.

Todavia, os valores da condutividade elétrica encontradas no presente estudo estão dentro de faixa normal aceitável para água de coco. O aumento da concentração do cloreto de potássio na água de coco provavelmente leva a um incremento da concentração do íon (K), e isso aumenta consideravelmente a condutividade elétrica.

Figura 19 - Condutividade Elétrica C.E ($\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$) da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl $\text{planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicados via fertirrigação, 2021.



Resultados semelhantes com este estudo foram verificados por Silva *et al.* (2006), avaliando a condutividade elétrica da água de coco. Os autores observaram que o potássio exerceu efeitos diferenciados sobre essa variável, onde a C.E aumentou de acordo com as doses de K com valores que variaram de 4,45 a 5,97 $\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$. Ribeiro *et al.* (2011), estudando a qualidade da água do coqueiro anão verde submetidas a diferentes doses de potássio, encontraram valores de 5,89 $\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$ para a condutividade elétrica, onde os resultados não diferiram entre as distintas doses de potássio aplicadas.

Segundo Neto *et al.* (2007), as doses de potássio (superiores a 3000 $\text{g planta}^{-1} \text{ano}^{-1}$) na fertirrigação do coqueiro resultaram em menores valores de condutividade elétrica da água de coco com valores de 5,23 $\text{m}^{\text{S}}.\text{cm}^{-1}$. Os resultados diferem dos verificados por Silva *et al.* (2006) ao revelarem que a C.E da água de coco aumentam com as doses de potássio, o que justifica os resultados constatados nesse estudo. Pois o aumento das doses de potássio refletiu no aumento de $^{\circ}\text{Brix}$ e na salinidade, proporcionando melhor qualidade pela medida da condutividade elétrica, o que pode contribuir para o melhor sabor e valor nutritivo da água de coco.

As avaliações também demonstram correlação, em ajustes polinomial, entre os parâmetros físico-químicos avaliados (Tabela 6). Esses tipos de ajustes são comuns em avaliações de vegetais em diferentes disponibilidades de água, como nos estudos realizados por Carvalho *et al.* (2016); Neto *et al.* (2018) e Carvalho. *et al.* (2018).

Tabela 6. Equações dos gráficos sobre o R² dos valores de sólidos solúveis totais (SST °Brix); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (C.E m^S.cm⁻¹); acidez total titulável (ATT%); sólidos solúveis total e acidez total titulável (SST/ATT), referente às análises da água de coco sob diferentes lâminas de irrigação (SI (sem irrigação); 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020 e 2021.

2020			2021	
(SST)	Função da equação	R ²	Função da equação	R ²
SI	$y = 0,006^{**}x^2 - 0,033^{**}x + 5,791$	0,97	$y = -0,008^{**}x^2 + 0,147^{**}x + 5,709$	0,96
50	$y = -0,008^{**}x^2 + 0,180^{**}x + 5,486$	0,97	$y = -0,003^{**}x^2 + 0,093^{**}x + 6,058$	0,96
100	$y = -0,009x^{**2} + 0,155^{**}x + 5,966$	0,95	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,077^{**}x + 6,197$	0,99
150	$y = -0,009^{**}x^2 + 0,154^{**}x + 5,878$	0,95	$y = 0,069^{**}x + 6,305$	0,98
200	$y = -0,014^{**}x^2 + 0,227^{**}x + 5,496$	0,96	$y = 0,097^{**}x + 6,180$	0,99
pH	Função da equação	R ²	Função da equação	R ²
SI	$y = -0,007^{**}x^2 + 0,109^{**}x + 4,693$	0,98	$y = -0,022^{**}x^2 + 0,335^{**}x + 3,942$	0,97
50	$y = -0,007^{**}x^2 + 0,130^{**}x + 4,740$	0,96	$y = -0,023^{**}x^2 + 0,343^{**}x + 4,042$	0,86
100	$y = -0,008^{**}x^2 + 0,146^{**}x + 4,858$	0,97	$y = -0,010^{**}x^2 + 0,169^{**}x + 4,602$	0,99
150	$y = -0,010^{**}x^2 + 0,169^{**}x + 4,718$	0,98	$y = -0,018^{**}x^2 + 0,267^{**}x + 4,488$	0,90
200	$y = -0,010^{**}x^2 + 0,180^{**}x + 4,553$	0,97	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,028^{**}x + 5,295$	0,90
C.E	Função da equação	R ²	Função da equação	R ²
SI	$y = 0,009^{**}x^2 + 0,152^{**}x + 7,547$	0,98	$y = -0,016^{**}x^2 + 0,333^{**}x + 8,268$	0,91
50	$y = 0,020^{**}x^2 + 0,081^{**}x + 7,873$	0,94	$y = -0,021^{**}x^2 + 0,419^{**}x + 8,116$	0,91
100	$y = 0,010^{**}x^2 + 0,078^{**}x + 8,294$	0,90	$y = -0,015^{**}x^2 + 0,376^{**}x + 8,246$	0,96
150	$y = -0,022^{**}x^2 + 0,537^{**}x + 7,138$	0,96	$y = -0,023^{**}x^2 + 0,468^{**}x + 8,266$	0,89
200	$y = 0,002^{**}x^2 + 0,189^{**}x + 8,259$	0,97	$y = 0,157^{**}x + 9,4739$	0,94
ATT%)	Função da equação	R ²	Função da equação	R ²
SI	$y = -0,0007^{**}x^2 + 0,014^{**}x + 0,702$	0,82	$y = -0,004^{**}x^2 + 0,065^{**}x + 0,746$	0,88
50	$y = -0,0012^{**}x^2 + 0,018^{**}x + 0,668$	0,92	$y = -0,003^{**}x^2 + 0,044^{**}x + 0,853$	0,96
100	$y = -0,0019^{**}x^2 + 0,024^{**}x + 0,648$	0,93	$y = -0,002^{**}x^2 + 0,030^{**}x + 0,933$	0,81
150	$y = -0,0032^{**}x^2 + 0,041^{**}x + 0,562$	0,94	$y = -0,003^{**}x^2 + 0,041^{**}x + 0,913$	0,97
200	$y = 0,0012^{**}x^2 - 0,010^{**}x + 0,761$	0,87	$y = -0,004^{**}x^2 + 0,064^{**}x + 0,875$	0,95
(SST-ATT)	Função da equação	R ²	Função da equação	R ²
SI	$y = -0,011^{**}x^2 + 0,157^{**}x + 7,335$	0,87	$y = -0,0032^{**}x^2 + 0,110^{**}x + 6,093$	0,99
50	$y = -0,013^{**}x^2 + 0,189^{**}x + 9,006$	0,88	$y = -0,0018^{**}x^2 + 0,095^{**}x + 6,058$	0,97
100	$y = -0,018^{**}x^2 + 0,279^{**}x + 8,051$	0,84	$y = -0,0014^{**}x^2 + 0,073^{**}x + 6,031$	0,99
150	$y = -0,019^{**}x^2 + 0,151^{**}x + 8,767$	0,96	$y = -0,002^{**}x^2 + 0,0995^{**}x + 5,853$	0,98
200	$y = -0,054^{**}x^2 + 0,838^{**}x + 6,770$	0,82	$y = -0,0138^{**}x^2 + 0,253^{**}x + 5,569$	0,85

** e * - Significativo a 1% e 5% pelo teste t de Student.

3.4.CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram que a aplicação de potássio, aplicado via fertirrigação influenciou de forma significativa todos os parâmetros físico-químicos aliados na água de coco após as plantas serem submetidas às diferentes lâminas de irrigação. Foi possível inferir que a maioria dos tratamentos analisados se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos pela

legislação vigente no Brasil. Porém, convém ressaltar que os melhores resultados foram obtidos quando as plantas receberam a fertirrigação com 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, na lâmina de 100% e 150% de irrigação com base na evapotranspiração. As doses elevadas de potássio e a lâmina de 200% da ET₀ para os parâmetros avaliados não foram economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guide for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p.
- ALMEIDA, A. C. O. *et al.* Caracterização carpológica de frutos de cultivares de coqueiro anão amarelo de diferentes locais de Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.
- ARAGÃO, W. M. *et al.* **Água de coco**. Aracaju-Embrapa, 2001. p.32.(Tabuleiros costeiros 24).
- AROUCHA, E. M. M. *et al.* Análise físico-química e sensorial de água-de-coco em função de estágio de maturação das cultivares de coco anão verde e vermelho. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 33 - 38, 2014.
- AROUCHA, E. M. M., *et al.* Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde de Agroecologia**, v.5, n.2, p. 01 – 04. 2010.
- AROUCHA, E. M. M; VIANNI, R. Determinação de ácido ascórbico na água-de-coco (*Cocos nucifera* L.) por cromatografia líquida e pelo método titulométrico. **Revista Ceres**, v. 49, n. 283, p.245-251, 2002.
- BARBOSA, H. P. *et al.* Análise física e química de águas de coco, industrializadas e in natura, comercializadas no Município de João Pessoa, Paraíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.8, n.18, p:341-351, 2021.
- BASTOS T.X. *et al.* Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. **Embrapa Amazônia Oriental: Documentos 128**, Belém, 31 p, 2002.
- BHULLAR, M. S. *et al.* Microbial inactivation and cytotoxicity evaluation of uv irradiated coconut water in a novel continuous flow spiral reactor. **Food research international**, v.103, p.59-67, 2018.
- BRASIL. **Instrução Normativa MAPA nº 9, de 30 de janeiro de 2020**. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-9-de-30-de-janeiro-de-2020-240823537>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. **Embrapa Semiárido-Circular Técnica**, 2008.
- CARVALHO, A.V. *et al.* Características físico-químicas de polpas de genótipos de açaizeiro em diferentes períodos de colheita. **Boletim de Pesquisa**, v. 1, p. 16, 2018.

CARVALHO, D. F. *et al.* Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1145–1150, 2016.

CHARLO, H. C. O. *et al.* Desempenho de híbridos de melão rendilhado cultivados em Substrato. **Revista Científica**, v.37, n.1, p.16 - 21, 2009.

DUENHAS, L.H. *et al.* Fertirrigação com diferentes doses de N P K e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n.1, p. 214-218, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p. 1039-1042. 2011.

FRANÇA NETO, A. C. **Fertirrigação do café conilon *Coffea canephora* na região da Zona da Mata Rondoniense**. 2016. Tese de doutorado. UNESP.

GUERRA, A. G. *et al.* Frequência da fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 80- 88, 2004.

HOFFMANN, E. L. *et al.* Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1251–1263, 2018.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, **Produção Agrícola Municipal 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em 20 de novembro de 2020.

IMAIZUMI, V. M. *et al.* Análise físico-química e energética de água de coco in natura e industrializada. **Energia na agricultura**, v. 31, n. 3, p. 298-304, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 5. ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p.

LIMA, A. A; SILVA, R. A. Análise microbiológica de água de coco comercializadas em garrafas plásticas dentro do Distrito Federal. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 13703-13726, 2019.

LIMA, S. A. J. *et al.* Caracterização físico-química de qualidade da água de coco anão verde industrializada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2015.

MACIEL, V. T. *et al.* Caracterização física dos frutos de seis cultivares de coqueiro Anão em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 395-398, 2009.

MARTINS, C. R.; CUENCA, M. A. G. Panorama da produção e comércio mundial. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

MARTINS, C.R.; JÚNIOR, L.A.J. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010. **Documentos 164**. Embrapa. Aracaju - SE, 2011.

MENDONÇA, L. P. *et al.* Caracterização microbiológica, físico-química e de rotulagem de águas de coco envasadas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p:273-299, 2020.

NETO, H. S. L. *et al.* Silicon (Si) reduces the effects of salt stress on germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 09, p:1410-1418, 2018.

NETO, M. F. *et al.* Qualidade do fruto do coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.453–458, 2007.

PINHEIRO, A. M. *et al.* Caracterização química, físico-química, microbiológica e sensorial de diferentes marcas de água de coco obtidas pelo processo asséptico. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n° 2, p. 209 – 214, 2005.

PREETHA, P. *et al.* Inactivation of escherichia coli in tender coconut (*Cocos nucifera* L.) water by pulsed light treatment. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.6, n.7, p.1453-1461, 2017.

RAZA, A. *et al.* Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. **Plants**, v. 8, n. 2, p. 34-30, 2019.

RIBEIRO, G. *et al.* Qualidade do fruto de coqueiro anão verde em resposta à adubação potássica. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 187-191, 2011.

SILVA, D. L. V. *et al.* Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1079-1084, 2009.

SILVA, L. R. *et al.* Características físicas e físico-químicas da água de frutos de coqueiro anão verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 07, n. 02: p. 1022-1032, 2013.

SILVA, R. A. *et al.* Qualidade de frutos do coqueiro-anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 310-313, 2006.

SOUZA, E.B. *et al.* Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 81-93, 2017.

TAN, T. *et al.* Composition, physicochemical properties, and thermal inactivation kinetics of polyphenoloxidase and peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and overly mature coconut. **Food Chemistry**, v.142, p. 121-128, 2013.

VASCONCELOS, B. M. F. *et al.* Qualidade Físico-Química da Água de Coco Comercializada por Ambulantes no Município de Mossoró/RN. **Blucher Chemistry Proceedings**, v.3, n.1, p. 1-10, 2015.

VIANA, J. L. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas da palma de óleo irrigada em fase inicial de desenvolvimento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 405–423, 2019.

4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.

RESUMO

O coqueiro é uma cultura que tem alta adaptação a diferentes condições de clima e solo com grande importância econômica mundial, devido ser geradora de emprego e renda. Quando é submetida ao estresse hídrico tem seu crescimento e desenvolvimento afetados, com prejuízos na produção. O objetivo foi avaliar a influência das diferentes frações de evapotranspiração e doses de potássio na eficiência do uso da água e produtividade do coqueiro sob as condições climáticas do nordeste paraense. O experimento foi em área comercial e utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições (5 frações de $ET_0 = (S/I; 50\%; 100\%; 150\% \text{ e } 200\%$ e 5 doses de KCl = (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey no software R. A produtividade foi avaliada utilizando a produção de frutos por planta, peso e volume de água de coco e eficiência do uso da água ocorreu por meio dos resultados da produção de coco e o volume de água aplicado por meio da irrigação em 2020 e 2021. Conclui-se, que os melhores resultados para um maior incremento na produtividade e eficiência do uso da água, foram as lâminas com 100 e 150% da ET_0 , na dose de 7,5 kg de cloreto de potássio, resultados pertinentes e economicamente viáveis para a cultura do coqueiro.

Palavras-chave: Cloreto de potássio; Fertirrigação; Precipitação; Produção de frutos.

ABSTRACT:

Coconut palm is a crop that has high adaptation to different climate and soil conditions with great global economic importance, as it generates employment and income. When it is subjected to water stress, its growth and development are affected, with production losses. The objective was to evaluate the influence of different evapotranspiration fractions and potassium doses on water use efficiency and coconut productivity under the climatic conditions of northeastern Pará. The experiment was carried out in a commercial area and a randomized block design was used, in a 5 x 5 factorial scheme, with 25 treatments and three replications (5 fractions of $ET_0 = (S/I; 50\%; 100\%; 150\% \text{ and } 200\% \text{ and } 5 \text{ doses of KCl} = (2.50; 3.75; 5.00; 7.50 \text{ and } 10.00 \text{ kg of KCl plant}^{-1} \text{ year}^{-1})$) The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey test in the R software. The productivity was evaluated using the production of fruits per plant, weight and volume of coconut water and efficiency of water use occurred through the results of coconut production and the volume of water applied through irrigation in 2020 and 2021. It is concluded that the best results for a greater increase in productivity and efficiency of water use were the water depths with 100 and 150% of ET_0 , at a dose of 7.50 kg of potassium chloride, relevant and economically viable results for the coconut crop.

Keywords: Potassium chloride. Fertigation. Precipitation. Fruit production.

4.1. INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma monocotiledônea das regiões tropicais, pertencente à família Arecaceae (MOLIN; BARRETI, 2012). Essa família é constituída por palmeiras, onde destaca-se o coqueiro, uma das culturas perenes mais importante devido seus diversos produtos (ROSADO *et al.*, 2016). O coqueiro anão tem grande importância do ponto de vista socioeconômico e agroindustrial (FERREIRA *et al.*, 2019).

Essa cultura possui sistema radicular fasciculado, caule do tipo estipe, folha do tipo penada, apresenta pecíolo e sua inflorescência é uma panícula formada pelo pedúnculo e espigas que fica protegida por brácteas a qual forma a espata (SOBRAL *et al.*, 2009; PASSOS, 2018). O fruto é uma drupa formado pelo epicarpo, mesocarpo e endocarpo, onde é ocupado pelo albúmen líquido e sólido (ARAGÃO *et al.*, 2002).

Atualmente o Brasil ocupa a quarta colocação da produção mundial de coco, porém, possui uma alta produtividade comparada com os principais países produtores, como a Indonésia, Filipinas e Índia (SILVA, 2020). A maior produção de coco no Brasil, está distribuída nos estados do nordeste e norte, devido as condições de tropicalidade climática, onde o estado da Bahia destaca-se com 22% da produção e o Pará com 12,2%, um estado com grande destaque nacional e a produção se concentra principalmente nos municípios de Moju com 85.000 ton. frutos ano⁻¹ e Acará com 21.000 ton. frutos ano⁻¹ (IBGE, 2020).

A reposição hídrica adequada ajuda no crescimento das plantas e na ecofisiologia dos vegetais, principalmente por possuir propriedades que promovem a estabilidade térmica nos tecidos das plantas e no ambiente, contribuindo para o controle térmico do vegetal, que auxilia para as reações bioquímicas, no transporte de nutrientes, responsável por interligar o sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ *et al.*, 2017).

As elevadas taxas de evapotranspiração e a má distribuição das chuvas são os principais responsáveis pelo balanço hídrico negativo, limitando à exploração comercial de culturas o que justifica o uso da irrigação (CAVALCANTE *et al.*, 2010). A água é muito importante para atender a demanda evapotranspirométrica do coqueiro (MIRANDA *et al.*, 2007).

Atualmente, devido à busca por desenvolvimento sustentável, o uso racional da água é de grande relevância, principalmente, em locais com pouca oferta de água (NAZARI *et al.*, 2018). O aumento da demanda por recursos hídricos no mundo ocorre devido ao crescimento populacional, industrial e agrícola, sendo a agricultura irrigada o maior usuário de água, portanto, equipamentos e técnicas que permitem o uso eficiente da água na agricultura são de extrema importância para garantir a segurança alimentar da população (TYAGI, 2013).

O consumo de água do coqueiro varia com as condições climáticas locais, é uma cultura que apresenta alta demanda hídrica ao longo do ano, pois uma vez iniciada a fase de produção, o coqueiro permanece com inflorescências e frutos em desenvolvimento durante todo o ano, podendo apresentar consumos de água de até 240 L planta⁻¹ dia⁻¹ (MIRANDA *et al.*, 2007).

A eficiência no uso da água é um fator importante, pois dependendo da maior ou menor eficiência pode favorecer ou limitar o desenvolvimento e a produção da planta, onde a baixa eficiência do uso das águas pode ocasionar déficit hídrico, considerado uma das limitações agrícolas mais importantes devido aos seus efeitos negativos nas atividades fisiológicas, além de limitar a produção das culturas agrícolas (ENDRES *et al.*, 2010).

Na adubação convencional, os fertilizantes dependem das chuvas para serem absorvidos, na fertirrigação os fertilizantes chegam ao sistema radicular das plantas em tempo reduzido (SOUSA *et al.*, 2014). Na fertirrigação o sistema de irrigação deve apresentar eficiência e uniformidade, para reduzir a percolação e a lixiviação dos fertilizantes (MIRANDA *et al.*, 2018), pois o bom manejo dos fertilizantes reduzem a corrosão do sistema e contribuem para a população microbológica do solo (BANDYOPADHYAY *et al.*, 2019).

É importante destacar que as variáveis meteorológicas e suas interações também influenciam a produtividade dos vegetais, como a precipitação, radiação solar, a velocidade do vento, o déficit de pressão de vapor e a umidade relativa do ar, as quais de forma conjunta, controlam as trocas gasosas dos vegetais e, com características inerentes dos solos também influenciam parte o armazenamento de água (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A consequência do clima quanto ao indispensável uso de água no coqueiro é representada pela evapotranspiração de referência (ET₀), considerando o método de Penman-Monteith o mais recomendado (GOMES, 2006; MIRANDA, 2006). Ainda de acordo com Mantovani *et al.* (2007), o turno de rega pode ser definido como o período (em dias) entre uma irrigação e outra, em um mesmo local. Contudo, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência das diferentes frações de evapotranspiração e doses de potássio na eficiência do uso da água e produtividade do coqueiro anão verde sob as condições climáticas do nordeste paraense.

4.2.MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Caracterização e delineamento da área experimental

O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, no município de Santa Isabel do Pará – PA. O solo da região é classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2008). A região apresenta clima AFi segundo Köppen, com temperatura média de 26° C. Foi realizada a correção e o preparo do solo com aplicação de corretivo por meio de uma aração e

duas gradagens. O plantio foi realizado com mudas de coco da variedade anão, com 11 meses de idade, no espaçamento de 7,5 m entre plantas em triângulo equilátero.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco frações de evapotranspiração (S/I; 50%; 100%; 150% e 200%) e cinco doses de potássio (100%; 150%; 200%; 300% e 400%, equivalente a 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹). As parcelas experimentais foram constituídas com 8 plantas, sendo a parcela útil as 6 plantas centrais, descartando duas plantas no início e duas no final.

4.2.2. Manejo do sistema de irrigação e fertirrigação

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão e o manejo da irrigação foi realizada através de uma estação meteorológica automática instalada próximo à área experimental. A irrigação ocorreu em função da reposição da evapotranspiração (ET₀) do dia anterior, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) (ALLEN *et al.*, 1998).

A lâmina líquida (LL) foi estimada em função da fração da evapotranspiração de referência em estudo. Em seguida foi calculada a lâmina bruta (LB) e o tempo de irrigação (TI). Após a instalação do sistema de irrigação, foi calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD), com 96% de uniformidade e eficiência de aplicação (EA) com 86% (Figura 20), seguindo a metodologia de Calgaro e Braga, (2008)

Figura 20 – Avaliação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) e eficiência de aplicação (EA) no sistema de irrigação por microaspersão, 2020 e 2021.



Fonte: A autora (2021).

Observa-se na figura 21 que cada planta recebeu um microaspersor rotativo autocompensante para irrigação, com vazão (q_a) de 96 L.h⁻¹, posicionados a um metro da base dos coqueiros trabalhando a uma pressão de serviço de 2 bar. A área molhada do microaspersor

é de 60% (0,60 m), que corresponde a uma área de 29,28 m² de acordo com o espaçamento das plantas de 7,5 m triângulo equilátero.

Figura 21 – Microaspersor posicionados a um metro da base dos coqueiros.



Fonte: A autora (2021).

A aplicação da fertirrigação foi realizada semanalmente, utilizando os fertilizantes ureia, MAP, sulfato de magnésio e cloreto de potássio. O MAP e o sulfato de magnésio foram aplicados separadamente, devido apresentarem incompatibilidade.

4.2.3. Colheita dos frutos

A colheita dos frutos foi realizada na parcela útil central, a cada 21 dias, em cachos com 7 meses após a abertura da inflorescência, entre o horário das 6:00 às 8:00 horas da manhã durante o período de 2020 e 2021. Os frutos foram levados para o laboratório de fitossanidade da empresa onde ocorreu a avaliação das características, peso dos frutos (kg) e volume de água (ml), o número de frutos por planta foi realizada diretamente no campo durante a colheita.

4.2.4. Balanço hídrico

O balanço hídrico para o ano de 2020 e 2021 da área experimental foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), usando dados climatológicos diários da estação meteorológica automática.

4.2.5. Lâmina de irrigação aplicada e acumulada

O volume de água aplicado foi estimado a partir da ET_0 e calculada pelo modelo de Penman-Monteith, realizada a partir dos dados diários da ET_0 menos a precipitação, seguindo

a metodologia proposta por Allen *et al.* (1998). Para a lâmina acumulada foram utilizados os valores da evapotranspiração de cada tratamento mais a precipitação.

4.2.6. Condições meteorológicas

As condições climáticas foram observadas por meio dos dados diários da estação meteorológica automática durante os dois anos de estudo, como precipitação pluviométrica (PP); evapotranspiração de referência (ET_0); Temperatura média, mínima e máxima ($^{\circ}C$); Radiação Solar (W/m^2) e Umidade Relativa (%).

4.2.7. Produtividade e Eficiência de uso da água (EUA)

Para avaliar a produtividade foi utilizado a produção de frutos por planta, peso e volume de água obtido mensalmente. A eficiência do uso da água (EUA), ocorreu por meio dos resultados da produção de frutos, peso e volume de água de coco, em relação ao volume de água aplicado nas plantas, conforme a lâmina acumulada na área nos anos de 2020 e 2021.

4.2.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizou-se o software R (R Core Team, 2016).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climatológico realizado na área apresenta os principais períodos que ocorreu a reposição hídrica da água do solo durante os dois anos de estudo. O período de maior excedente hídrico aconteceu entre janeiro e abril com máxima de 508 e 475 mm de precipitação, reduzindo em maio e junho de 243 e 227 mm, com início ao período deficiência hídrica no mês de julho a novembro, com restrição hídrica nos meses de agosto e setembro. Os resultados observados para o ano de 2021 mostraram maiores incidências de chuvas que ocorreram durante todo o ano, tornando-se um ano atípico para a região, porém eficiente economicamente, por reduzir a aplicação da irrigação e favorecer o aumento da produção (Figura 22).

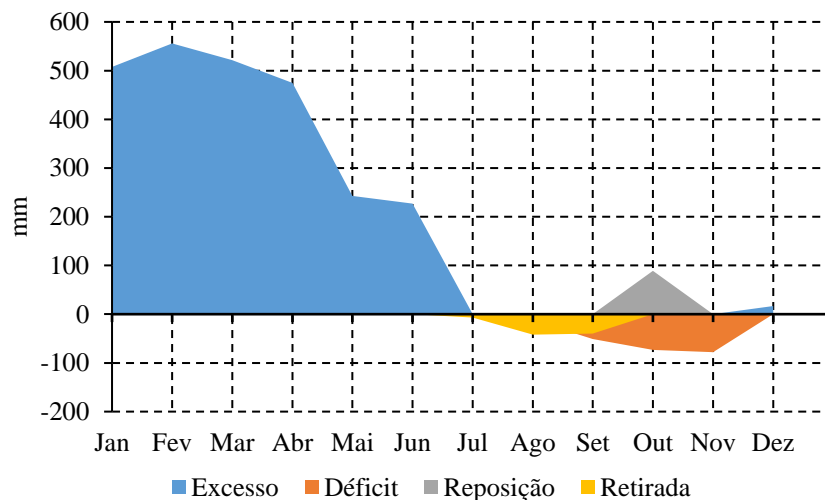
As condições meteorológicas acarretam preocupações para a agricultura, trazendo riscos, incertezas, variabilidade na produção e manejo das espécies frutíferas (SOMBOONSUKE *et al.*, 2018; SEYEDABADI *et al.*, 2019;). De acordo com Marengo *et al.* (2011), a sazonalidade da precipitação é um dos fatores de grandes impactos, pois seu desempenho necessita da distribuição total de chuva, corroborando com os resultados alcançados nesse estudo.

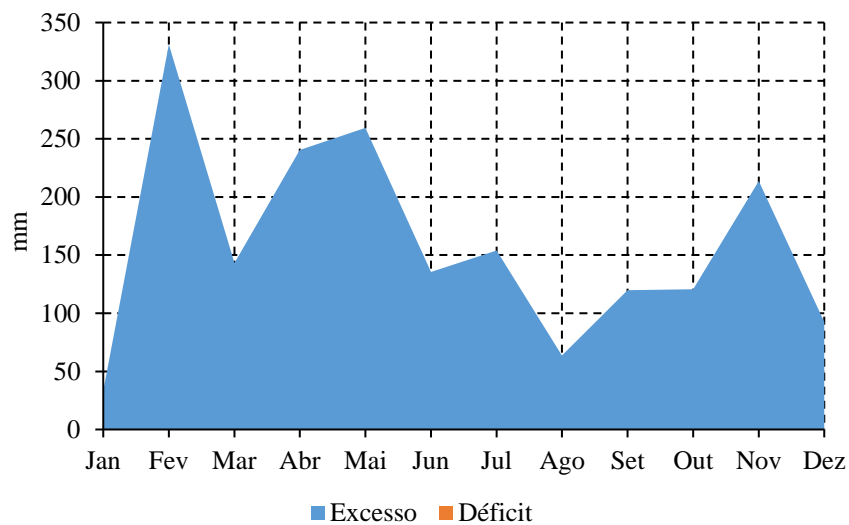
Na Amazônia, o regime pluviométrico ocorre com maior intensidade durante os meses de dezembro a maio, com menores índices durante o período menos chuvoso, aos meses de junho a novembro (SOUZA *et al.*, 2017). Neste caso, devido as condições de déficit hídrico, o desenvolvimento das plantas é comprometido, necessitando assim, da irrigação para suprir a demanda hídrica da cultura (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2018).

Os tratamentos avaliados sempre serão diferenciados de acordo com os meses em que a precipitação diminuir e aumentar, pois conforme Silva *et al.* (2017), a eficiência do método de balanço hídrico possibilita a identificação dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Segundo Lopes *et al.* (2013), a região norte, principalmente o estado do Pará, apresenta períodos secos definidos, com isso é necessário o uso da irrigação, pois a ausência de água causa redução na produção das frutíferas, incluindo o coqueiro.

O balanço hídrico climatológico, pode estabelecer os ganhos e perdas hídricas em do solo, com isso, torna-se relevante na busca de economia de água em suas aplicações, principalmente no sistema de irrigação, pois ao planejar a utilização dos recursos hídricos na agricultura, associado ao entendimento das necessidades da cultura, pode ser uma alternativa para utilizar com maior eficiência as reservas de água do solo (SILVA *et al.*, 2017), podendo no entanto ser uma técnica para auxiliar no aumento da produção do coqueiro anão verde.

Figura 22 – Extrato do balanço hídrico mensal durante o período de 2020 e 2021.



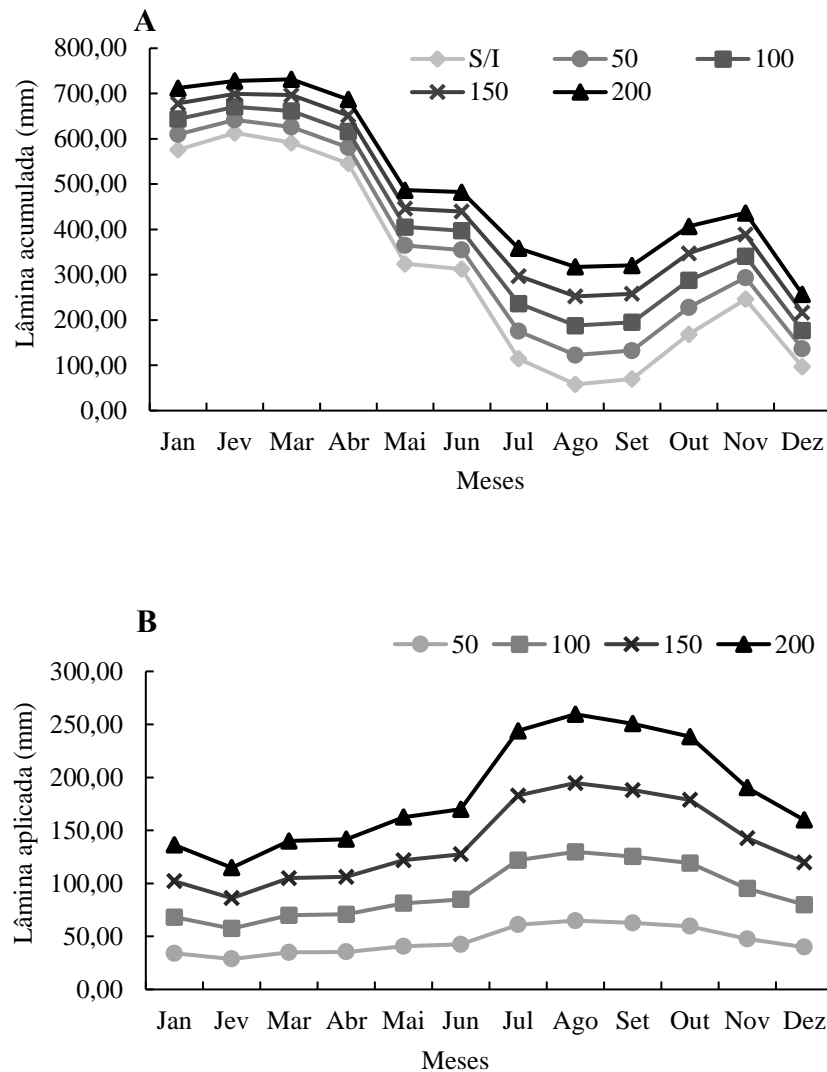


A lâmina de irrigação acumulada no ano de 2020 demonstrou que a distribuição das chuvas se concentrou nos meses de janeiro a julho, enquanto agosto a dezembro os valores de precipitação foram baixos, necessitando, no entanto, de reposição hídrica para suprir a demanda hídrica da cultura (Figura 23 A).

Na lâmina aplicada, a maior reposição de água ocorreu com a aplicação da lâmina de 200% em julho com 243,92 mm, agosto e setembro com 259,58 e 182,94 mm, e 150% da ET_0 com 182,94, 194,69 e 188,06 mm nos mesmos meses, índice de água inferior ao recomendado para a cultura, com 57,80 e 69,80 mm em agosto e setembro, período de maior deficiência hídrica na região. Nesse mesmo período, notou-se valores acentuados das condições climáticas, os quais interferem diretamente no desenvolvimento e produção da cultura, por isso a necessidade da reposição hídrica através da irrigação (Figura 23 B).

De acordo com Sousa *et al.* (2011), a cultura do coqueiro anão verde apresenta crescimento e desenvolvimento contínuos, com isso é necessário um requerimento hídrico durante a fase de crescimento de 1.263,30 mm, com média diária de $3,90 \text{ mm dia}^{-1}$ e precipitações anuais em torno de 1.500 mm, distribuídos uniformemente ao longo do ano. Resultados que são semelhantes a esse estudo para a cultura do coqueiro.

Figura 23 – Valores de Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2020.

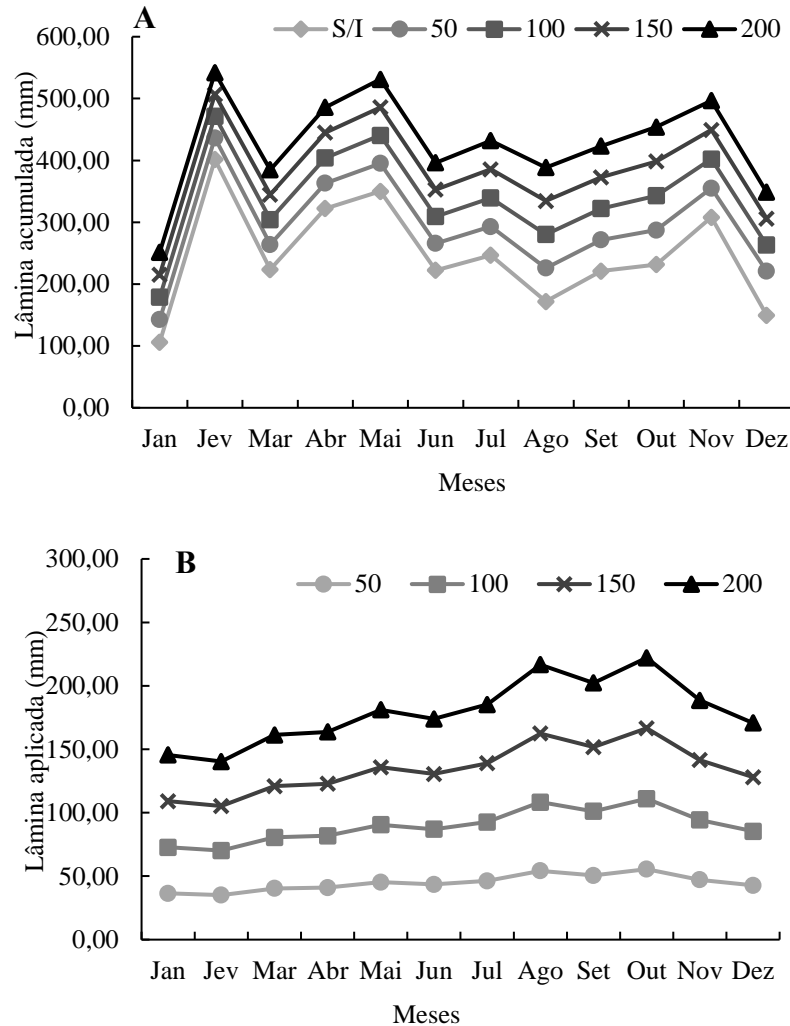


Para lâmina acumulada, houve uma estabilidade nas chuvas durante o ano de 2021 na área experimental, considerando a estação chuvosa de janeiro a junho, durante os meses de julho a dezembro houve um maior índice de chuvas, reduzindo a aplicação da irrigação. Para lâmina aplicada (Figura 24 B), houve uma redução da aplicação da irrigação devido ao acúmulo de chuvas até mesmo quando a evapotranspiração foi considerada alta, no período de julho a dezembro, pois para lâmina aplicada o acréscimo da quantidade de água acontece por meio da irrigação, conforme os valores diários de evapotranspiração (figura 24 A).

Os elementos meteorológicos e climáticos trazem grandes preocupações para a agricultura, com isso ao conhecer as características e peculiaridades isoladas do clima e solo da região, serão um subsídio para a tomada de decisão além de contribuir em maiores rendas e menores perdas agrícolas (AGOVINO *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2019). Segundo Silva *et al.*, (2017), ao analisar o balanço hídrico mensal é possível verificar a relação dos períodos quentes

com maiores taxas de evapotranspiração e os frios com taxas menores, e isso contribui a um melhor planejamento para a produção agrícola.

Figura 24 – Valores de Lâmina acumulada (A) e lâmina aplicada (B), na área experimental, 2021.



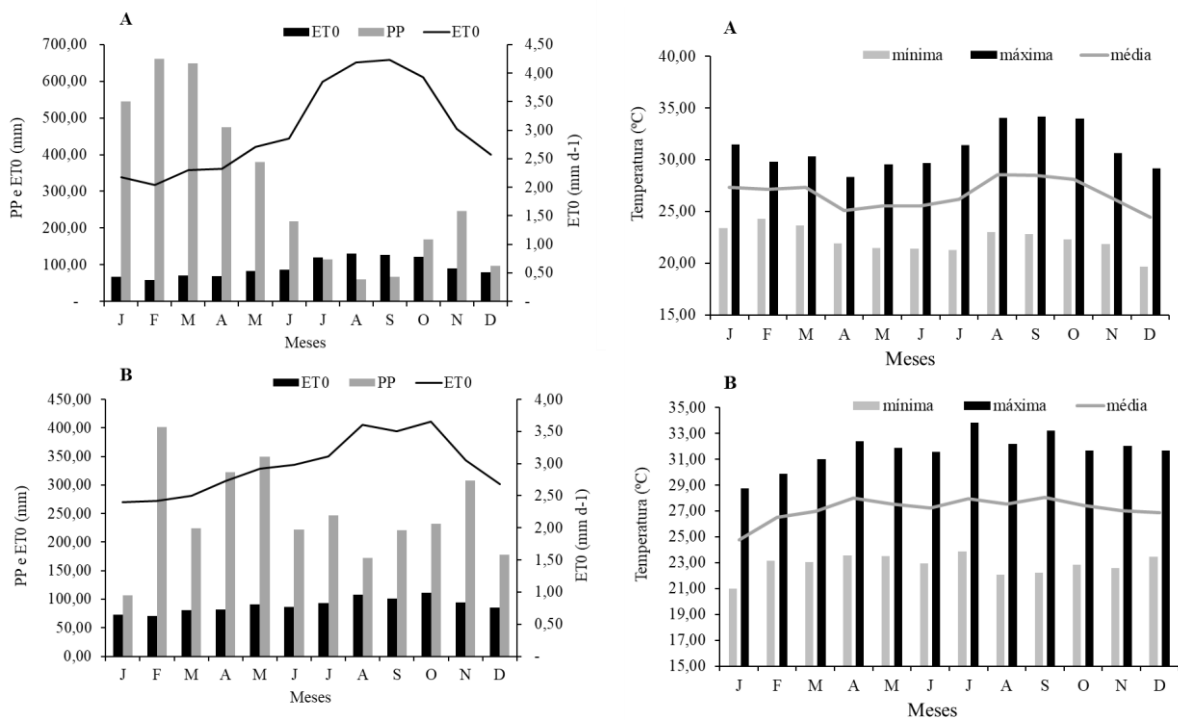
Conforme apresenta a figura (Figura 25 A; B), observa-se à medida que ocorreu o aumento da precipitação, houve redução na evapotranspiração no ano de 2020. A ET_0 mostrou valores máximos nos meses de agosto (129,63 mm), setembro (126,95 mm) e outubro (121,86 mm), reduzindo com 59,18, 67,35 e 69,53 mm nos meses de fevereiro, janeiro e abril. Para a ET_0 diária, com um incremento nos meses de agosto e setembro com 4,18 e 4,23 $mm\ d^{-1}$, e valores mínimos em janeiro e fevereiro, com 2,17 e 2,04 $mm\ d^{-1}$ de ET_0 , respectivamente.

Valores similares para essas variáveis foram observados para o ano de 2021, com os maiores índices de precipitação de fevereiro a maio e um acréscimo significativo na ET_0 diária nos meses de agosto a setembro, esses valores provavelmente justificam os resultados obtidos na produtividade da cultura nesse período, pois valores elevados das condições climáticas

levam a redução da produção, assim como excesso de chuvas e ausência de água podem acarretar prejuízos à cultura do coqueiro (Figura 25 A; B).

Os resultados climáticos como temperatura média foi de 26,67 °C, apresentando menores valores nos primeiros meses do ano, com aproximadamente 22,26°C. As maiores temperaturas máximas se concentraram no período de agosto a outubro acima de 31, 06 °C na área de realização do experimento. Os valores foram similares para 2021, com 22,86, 27,15 e 30,00 °C para temperatura mínima, média e máxima (Figura 25 A; B).

Figura 25 - Valores de precipitação pluviométrica (PP); evapotranspiração de referência (ET₀); evapotranspiração de referência (ET₀ mm d⁻¹) (A;B); Temperatura média, mínima e máxima (°C) (A;B), durante a condução do experimento, 2020 e 2021.



O nordeste paraense oferece períodos de seca mais intensos e aumento da temperatura do ar entre agosto e novembro (HOFFMANN *et al.* (2018), resultados semelhantes foram obtidos nesse estudo, quando mostram o maior acúmulo de evapotranspiração nesses meses. Estudos conduzidos por Bastos *et al.* (2002), observam que existem dois períodos com quantidade de precipitação diferentes, o chuvoso que se estende de dezembro a maio e o menos chuvoso de junho a novembro. Assim como Jazayeri *et al.* (2015); Viana *et al.* (2019), destacam que os períodos de déficit hídrico causam maiores impactos na cultura, alterando a produção e fisiologia da planta, e por isso a necessidade da reposição hídrica através da irrigação.

Os dados climáticos observados para temperatura, estão de acordo com os citados por Passos *et al.* (2018), quando ressaltam que a temperatura média para o crescimento e produção ideal de coqueiros deve ser aproximadamente de 27°C, com oscilações diárias de até 7°C, e que as precipitações não sejam inferiores a 130 mm mensal.

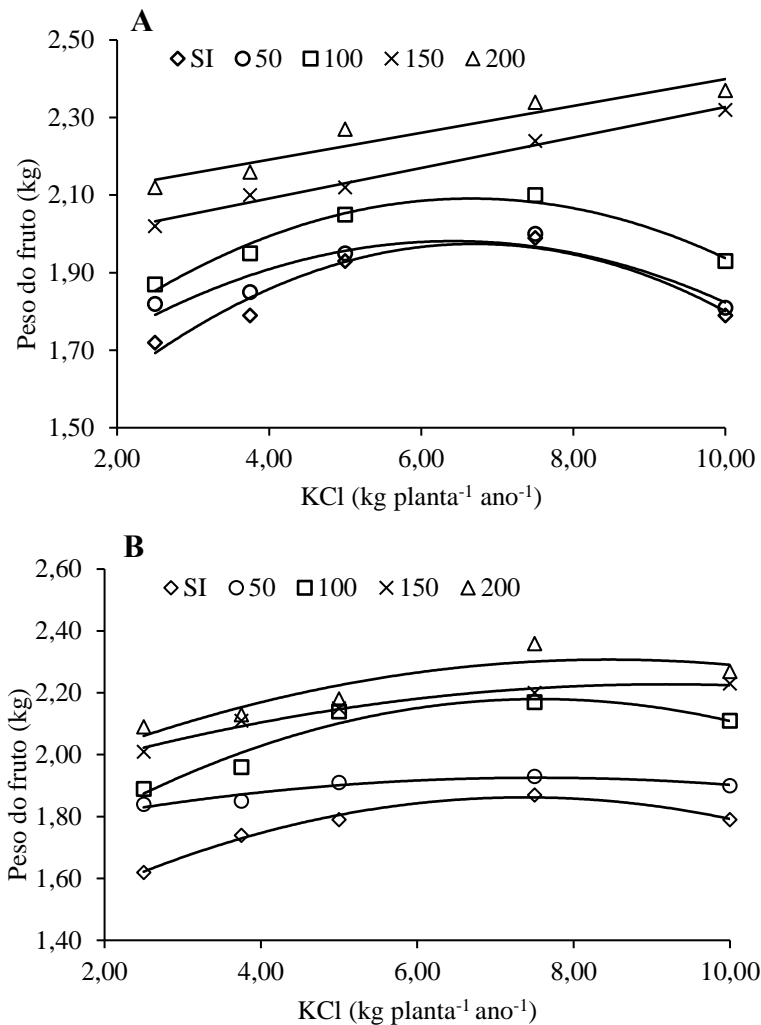
Diante o exposto o peso dos frutos do coqueiro sofreu influência da interação significativa entre as doses de potássio e as lâminas de irrigação, 2020 e 2021 (Figura 28 A). Em 2020 (Figura 28 A), as lâminas 150 e 200 % de ET_0 apresentaram comportamento linear em relação as doses de KCl, desta forma indicando uma tendência de aumento do peso do fruto se aumentasse a dose de potássio, que difere das demais lâminas que apresentaram comportamento quadrático indicando que o aumento das doses de KCl provavelmente iria prejudicar o peso dos frutos (Figura 28 B).

Os maiores pesos de frutos foram observados nos tratamentos com 150 e 200% de lâminas de irrigação associados a dose 10 kg de KCl, com frutos de 2,32 e 2,35 kg, dessa forma tendo um aumento 25% no peso de frutos quando comparado ao tratamento sem irrigação. As lâminas de irrigação com 100%, 150% e 200% da ET_0 , foram estatisticamente superiores comparando com o tratamento controle, enquanto o tratamento com 50% de irrigação foi superior para a dose 2,50 kg de KCl.

Em 2021 (Figura 28 B), todas as lâminas de irrigação apresentaram comportamento quadrático em relação as doses de cloreto de potássio (KCl), mostrando que os tratamentos provocaram efeitos positivos no aumento de peso dos frutos.

Os tratamentos que associaram as lâminas de 200, 150 e 100% de ET_0 com a dose 7,5 de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, apresentaram maior peso de frutos (2,34, 2,30 e 2,27 kg) respectivamente. Apresentando um aumento de 30% em relação ao controle. As lâminas 50 e 100% da ET_0 , mostraram resultados similares para todas as doses aplicadas. É importante salientar que tanto a irrigação e fertirrigação provocaram aumentos significativos em relação ao tratamento controle, com isso, fica evidente a importância dessa tecnologia para a cultura do coqueiro.

Figura 26 – Peso de frutos de coco (kg), em função das lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), (A - 2020; B - 2021).



Estudos realizados por Bandyopadhyay *et al.* (2019) ressaltam que a fertirrigação na cultura do coco reduziu a necessidade de aplicação de fertilizantes em até 25%, sem perdas de produtividade em comparação com a adubação convencional. Porém, o manejo inadequado da fertirrigação é prejudicial, onde a aplicação de doses elevadas de NPK causa a redução microbiológica do solo.

Estudos conduzidos por Basavaraju *et al.* (2014), ressaltam que a produtividade de coco obtida com o tratamento de 100% da recomendação de NPK aplicado de forma convencional não diferiu do tratamento fertirrigado com 75% da recomendação de NPK, o que se observou uma redução de fertilizantes na cultura do coco via fertirrigação, com menor custos e aumento da rentabilidade. Usando esses resultados como referências, observamos valores similares para a cultura do coqueiro na medida que aumentou as doses de potássio e lâminas de irrigação.

Para a variável volume de água de coco (ml), foram observados comportamentos diferentes nos anos de 2020 e 2021. Para 2020 os fatores lâminas de irrigação e doses de potássio foram significantes de maneira isolada, no entanto no ano de 2021 foi possível observar efeito significativo na interação entre esses fatores (Figura 27 A1; A2; B).

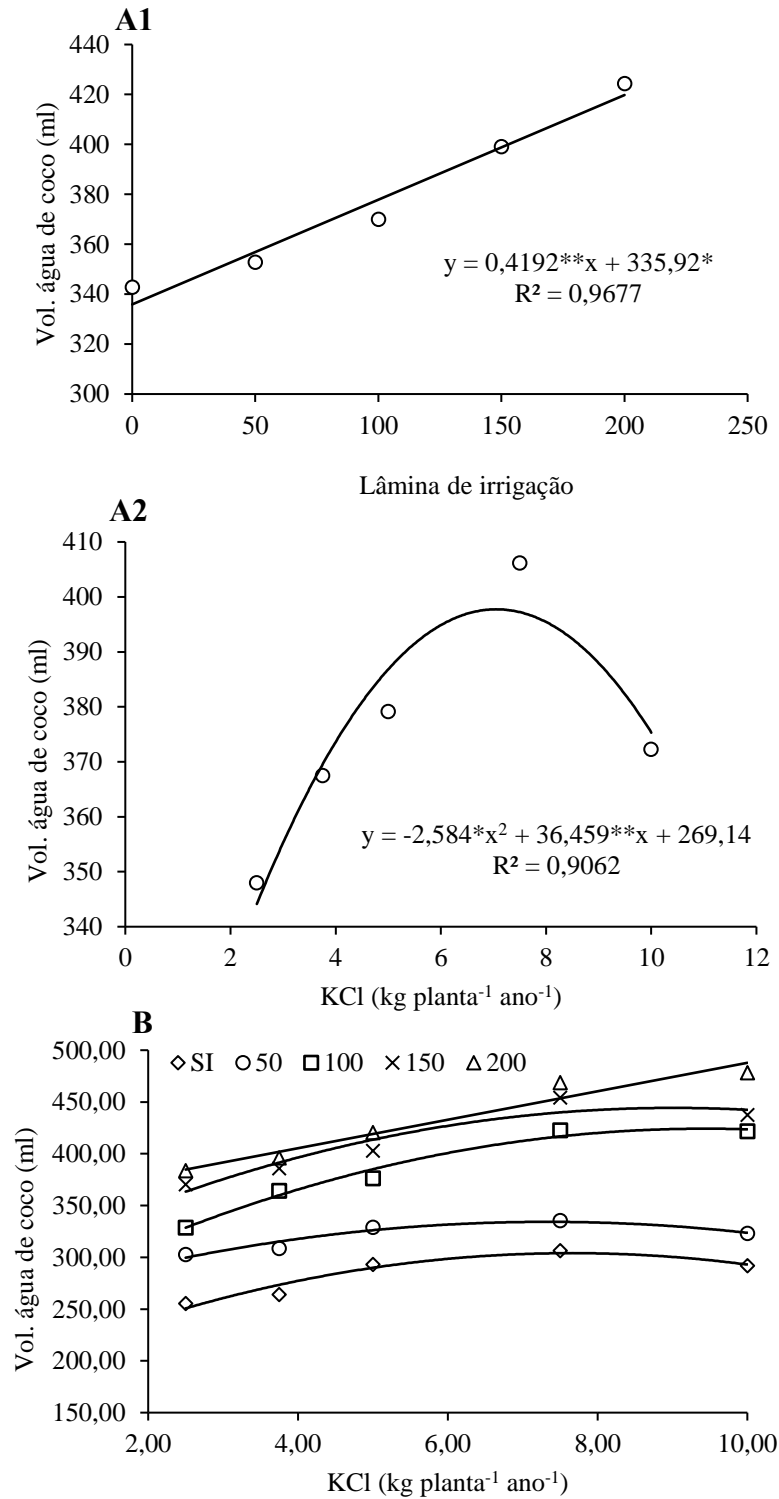
Em 2020, o volume de água de coco (ml) foi influenciado linearmente pelas lâminas de irrigação, ou seja, quanto maior a lâmina de irrigação mais volume de água de coco nos frutos. Sendo que o aumento em volume entre os tratamentos com 200% de ET_0 e o tratamento sem irrigação foi de em média de 24%. As doses de KCl influenciaram de forma diferente o volume em 2020, sendo caracterizado pelo comportamento de uma função quadrática, observa um aumento do volume de água de coco até a dose de 7,5 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, seguida de uma redução conforme aumentou a dose de 10 kg de KCl. Os tratamentos que foram aplicados 7,5 kg de KCl proporcionaram aumento no volume de água de coco em relação a menor taxa de aplicação 2,5 kg de KCl de em média de 20% (Figura 27 A2).

Em 2021 as lâminas de irrigação e as doses de potássio influenciaram de maneira distinta o volume de água de coco. As plantas submetidas aos tratamentos de 200% de ET_0 proporcionou efeito linear em relação ao aumento das doses de KCl no volume de água de coco, indicando que nesta lâmina de irrigação e as doses aplicadas ainda não alcançaram o ponto de inflexão para esta variável. As demais lâminas apresentaram comportamento quadrático com aumento no volume de água do coco até a dose de 7,5 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, reduzindo o volume de água nos tratamentos cuja dose aplicada foi de 10 kg de KCl (Figura 27 B).

O maior volume de água de coco obtido em 2021 foi em resposta ao tratamento que associava 200% de lâmina de irrigação com a aplicação de 10 kg de KCl com média anual de 479 ml por fruto. Este tratamento proporcionou aumento relativo de 85% no volume de água de coco em relação ao tratamento sem irrigação associada a aplicação de 2,5 kg de KCl (tratamento controle).

As demais lâminas de irrigação proporcionaram maiores valores médios anuais de volume de água de coco quando comparados ao tratamento sem irrigação independente da dose de potássio aplicada. Sendo que as lâminas 200, 150 e 100% da ET_0 , apresentaram comportamento semelhante até a dose 7,5 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, somente diferindo na dose 10 kg de cloreto de potássio, justificando que a produção em volume de água de coco pode alcançar os valores máximos sem excesso de fertilizantes, ou seja, a planta responde esse comportamento quando ocorre redução da produção na dose máxima independentemente da quantidade de água disponível (Figura 27 B).

Figura 27 – Volume da água de coco (ml) sob as lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), (A1, A2-2020; B- 2021).



Esta palmeira produz frutos durante todo o ano, extraindo do solo grandes quantidades de nutrientes para manter a produtividade. Com isso, ocorre redução da produtividade de frutos do coqueiro, caso os nutrientes absorvidos, principalmente o potássio, não sejam repostos

(MALHOTRA *et al.*, 2017). Portanto, o potássio do solo deve ser reabastecido através dos fertilizantes potássicos (ROSOLEM; STEINER, 2017).

Avaliando a aplicação de irrigação por microaspersão com volumes de água de irrigação com 50, 100 e 150 L dia⁻¹ para a produção do coqueiro em Neópolis-SE, Cintra *et al.* (2009), constataram que tanto a produção de frutos por planta como o volume médio de água de coco por fruto aumentaram linearmente com o aumento do volume de água aplicado na irrigação e estimaram uma necessidade hídrica média por planta de 236 L dia⁻¹. Portanto, segundo os autores, é necessário avaliar qual seria a lâmina de irrigação ideal do ponto de vista econômico para a cultura em estudo.

Os resultados dessa pesquisa estão próximos com os valores médios de volume de água por fruto encontrados por Miranda *et al.* (2008), com 530,2 ml de água de coco por fruto, superior aos valores encontrados nos tratamentos com 150 e 200 % da ET₀ em 2021, com 437,23 e 478,25 ml de água de coco.

O número de frutos por planta ano (NFT) avaliado em 2020 apresentou efeito isolado dos fatores lâmina de irrigação e doses de potássio. Para o fator lâminas de irrigação o número de frutos por planta ano apresentou comportamento linear, quanto maior a lâmina de irrigação aplicada maior o número de frutos, onde as lâminas aplicadas neste trabalho em 2020, nesta variável não alcançaram o ponto de inflexão indicando que poderia aumentar a lâmina de irrigação e ainda assim ter efeitos positivos (Figura 28 A1).

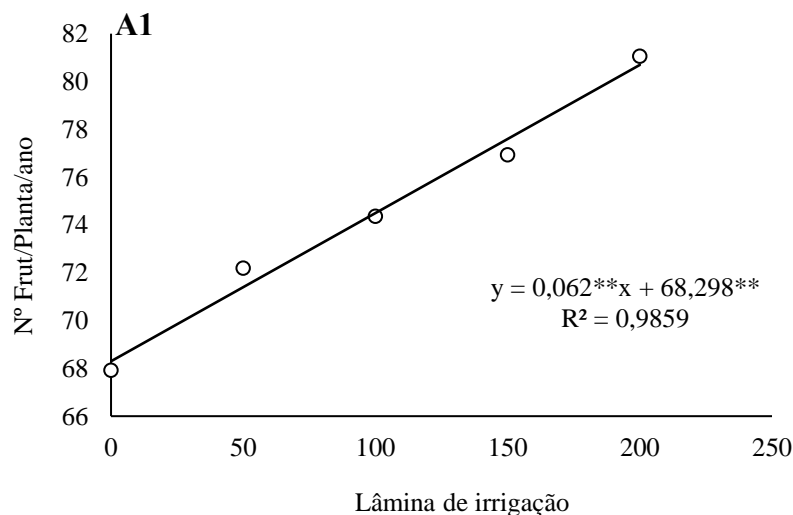
Os tratamentos submetidos a lâmina de irrigação 200% de ET₀ produziram cerca de 81 frutos por planta ano se destacando com a maior produção no ano de 2020, sendo que a menor produção de frutos foi obtida nos tratamentos sem irrigação aproximadamente 68 frutos planta ano. Desta maneira o ganho produtivo resultante da adoção dos tratamentos que utilizaram a lâmina de irrigação de 200% de ET₀ em relação aos tratamentos sem irrigação foi de aproximadamente de 20%.

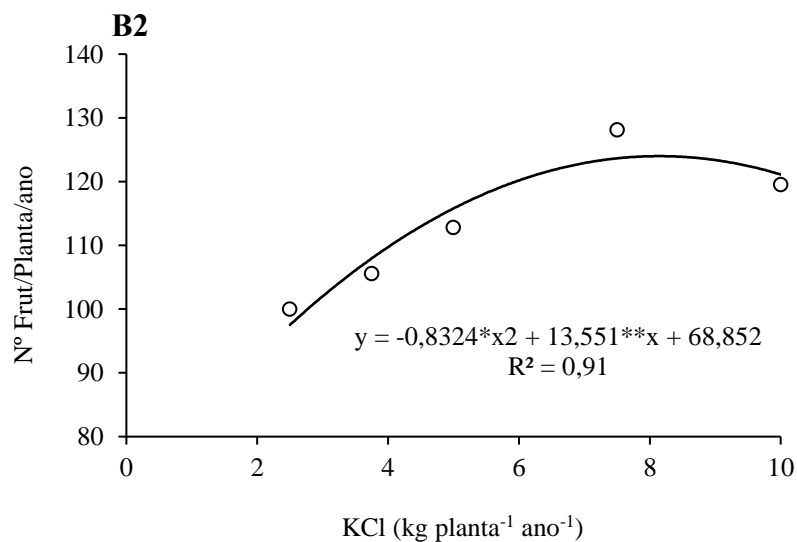
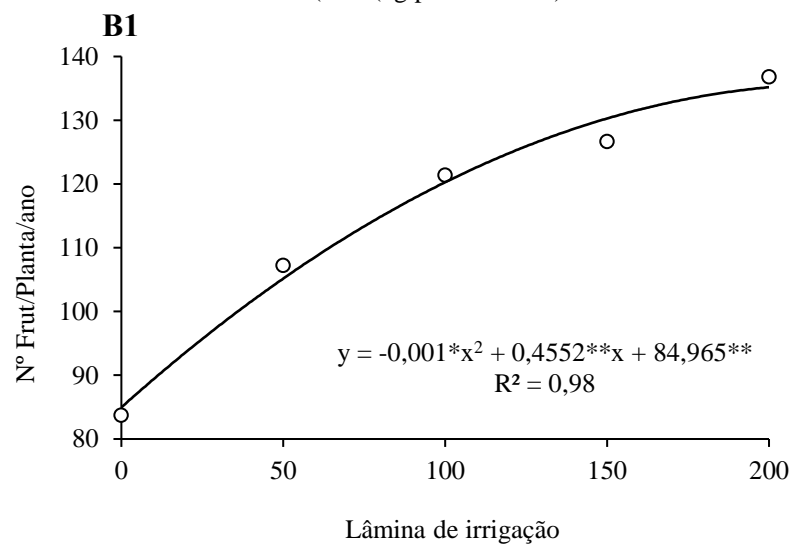
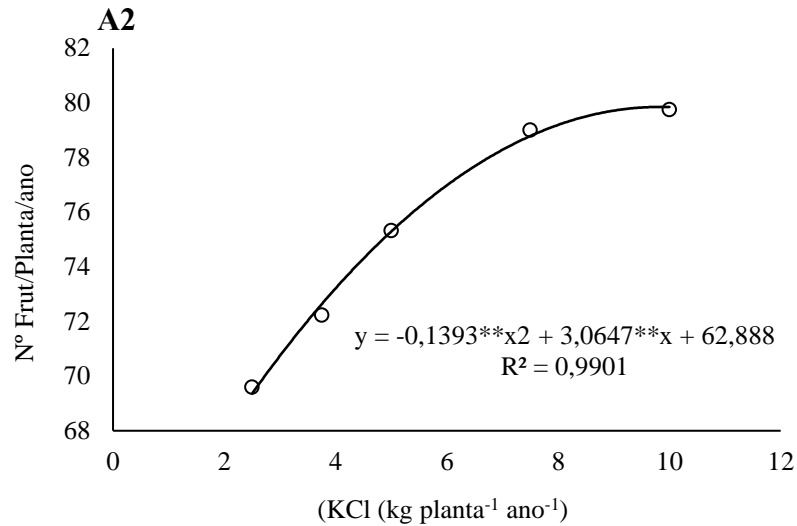
O efeito das doses de KCl no número de frutos por planta em 2020 apresentou comportamento de uma função quadrática, indicando que o aumento das doses, provavelmente não implicariam em aumentos significativos na produção de frutos, ou conseqüentemente a planta ainda não tem respostas sobre a adubação aplicada via fertirrigação no primeiro ano de avaliação, visto que culturas perenes como o coqueiro necessitam de um tempo maior para essa reposta do potássio no vegetal. As plantas submetidas aos tratamentos com 7,5 e 10 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, produziram aproximadamente 79 e 80 frutos ano, respectivamente, com um acréscimo na produção de 15% em relação aos tratamentos 2,5 kg de KCl (Figura 28 A2).

Enquanto em 2021, a influência dos fatores lâminas de irrigação e doses de potássio sobre a produção de frutos foram semelhantes, pois mostrou-se que o aumento nos níveis destes fatores possivelmente não resultaria em ganho significativos na produção de frutos por planta ano. As plantas submetidas as lâminas de irrigação 50, 100, 150 e 200% da ET_0 , produziram 107, 122, 127 e 137 frutos por planta ano na mesma ordem. Desta forma, o incremento máximo na produção de frutos desses tratamentos em relação as plantas sem irrigação foi de 58%, respectivamente (Figura 28 B1).

Observando os tratamentos que aplicaram as doses 3,75, 5, 7,5 e 10 kg de KCl produziram cerca de 106,112,129 e 120 frutos por planta ano. Tendo em vista que as plantas fertirrigadas com 2,5 kg de KCl produziram 100 frutos ano, as doses 3,75, 5, 7,5 e 10 kg de KCl induziram o aumento de 6, 12, 29 e 20%, comparando com o tratamento controle. Contudo, é válido ressaltar que a irrigação e o potássio aplicado via fertirrigação para a cultura do coqueiro, influenciaram positivamente o aumento da produção de frutos, deixando evidente a necessidade de novas pesquisas para averiguar o comportamento desse nutriente para as plantas ao decorrer de um tempo maior na região em estudo (Figura 28 B2).

Figura 28 – Número de frutos por planta (NFT) em função das lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET_0) e doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), (A1, A2-2020; B1, B2-2021).





A aplicação da irrigação e fertirrigação contribui para o aumento da produtividade de frutos, crescimento das plantas, precocidade e aumento na produção e redução da queda prematura de frutos (Silva *et al.*, 2017; Miranda *et al.*, 2019), justificando esse estudo, pois

comparando com o tratamento controle, as plantas foram estatisticamente mais produtivas, apresentando maior número de frutos por planta. Confirmando com Souza *et al.* (2014), destacam que o uso da irrigação em frutíferas contribui para o crescimento da produção em regiões com solos arenosos, pouca fertilidade e baixa disponibilidade hídrica.

A produtividade do coqueiro depende da disponibilidade adequada de potássio desde a fase inicial de crescimento, influenciando na produção, na quantidade e qualidade dos frutos. O número de frutos é uma resposta positiva do potássio ao número de inflorescências emitidas, principalmente femininas (FERREIRA NETO *et al.*, 2011), assim como a quantidade e a qualidade da água de coco, que também são regulados em resposta a adubação potássica.

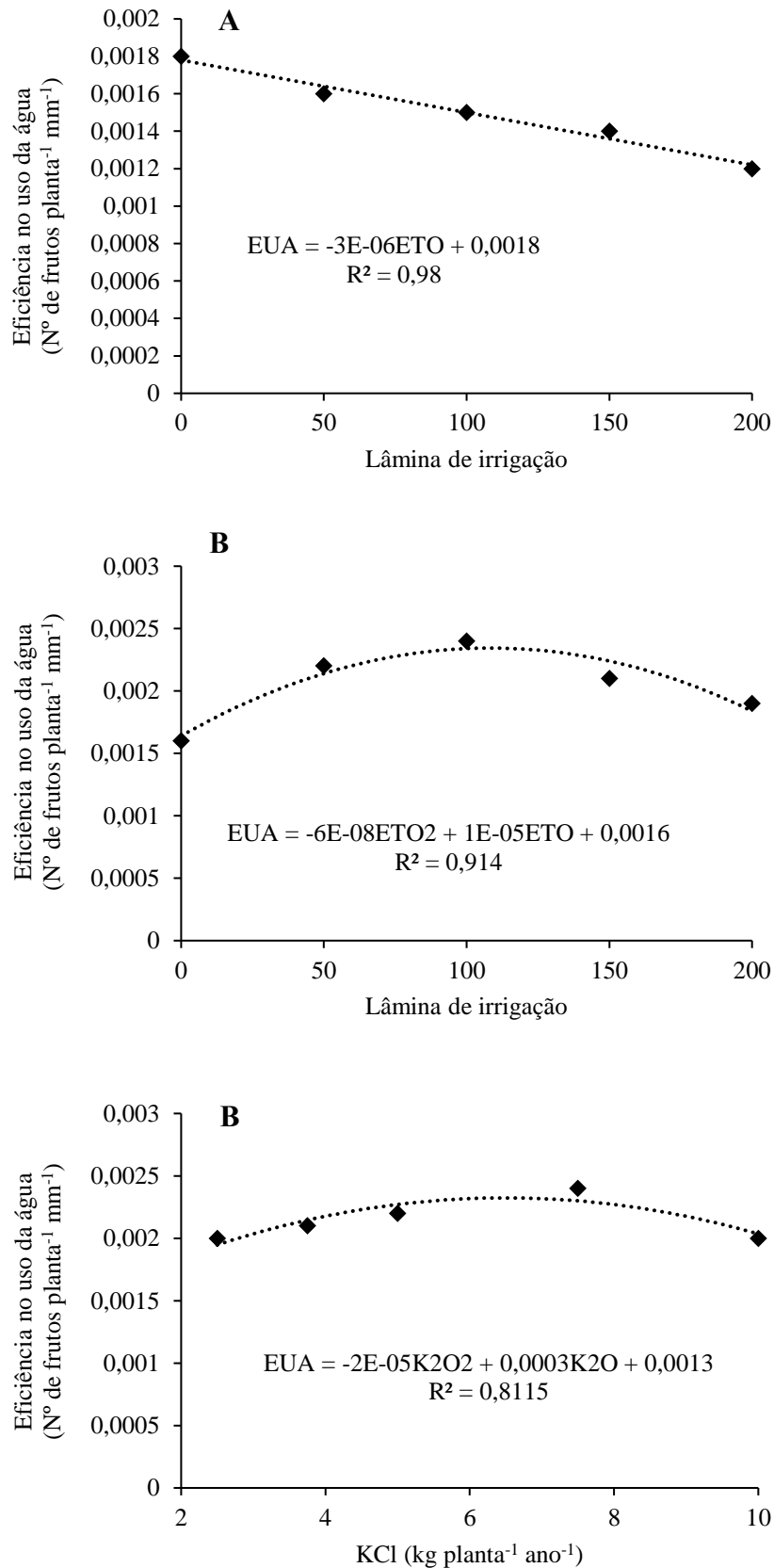
Estudos conduzidos por Miranda *et al.* (2019), avaliando a eficiência do uso da água da irrigação no coqueiro anão verde em duas propriedades, observaram valores superiores ao encontrado neste estudo, com médias de 139 e 166 frutos por planta ano nas duas propriedades e 64 e 59 litros de água de coco por planta ano, respectivamente.

Em sistemas de produção agrícolas a eficiência de uso da água (EUA) é definida como a relação entre a produtividade e a quantidade de água envolvida na produção, com isso nota-se que a eficiência no uso da água (EUA), para número de frutos planta⁻¹ mm⁻¹ para o ano de 2020 houve interação apenas para as lâminas de irrigação, com maiores resultados observados no tratamento sem irrigação, reduzindo significativamente conforme aumentaram as lâminas de irrigação (Figura 29 A).

Avaliando a EUA para a produção de frutos em 2021, houve efeito significativo para as lâminas de irrigação e doses de potássio, porém sem interação entre os tratamentos. Para as lâminas de irrigação testadas, 100% da ET₀ apresentou a máxima eficiência, com 88,33% e EUA de 0,0024 números de frutos planta⁻¹ mm⁻¹. Para as doses de potássio, 7,5 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹ se sobressaiu, com máxima de 0,0024 na EUA para número de frutos planta⁻¹ mm⁻¹, comparando com os demais tratamentos, pois conforme aumentaram as doses de cloreto de potássio, houve uma redução da eficiência, possivelmente justificando que a planta não absorve concentrações de íons de potássio superiores a essa dose (Figura 29 B).

As doses de potássio aplicadas via fertirrigação e as lâminas de irrigação, podem ter influenciado a eficiência da água para a produção de frutos, pois as plantas foram reduzindo sua produção e eficiência conforme aumentaram as lâminas, com menores valores para 200% da ET₀. Salienta-se que os resultados aqui apresentados são do primeiro ano de estudo, onde ocorreu uma maior precipitação pluviométrica no primeiro semestre, pois a intensidade de chuva afeta a produtividade dos frutos e, conseqüentemente, a eficiência do uso da água.

Figura 29 - Eficiência do uso da água de irrigação (EUA) para número de frutos por planta (N° de frutos planta $^{-1}$ mm $^{-1}$) sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150% e 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 Kg de KCl planta $^{-1}$ ano $^{-1}$), (A - 2020; B - 2021).



Diferentes estudos realizados demonstraram a importância da água para a fase reprodutiva das plantas, testando diferentes lâminas de irrigação, como nos experimentos realizados por Andrade *et al.* (2014) e Rinaldi *et al.* (2015), que avaliaram a eficiência do uso da água e a produtividade em espécies frutíferas e foi observado o efeito dos tratamentos com irrigação um incremento em ganhos produtivos.

Em condições de estresse hídrico, o coqueiro pode mostrar queda de produção causada pelo abortamento tanto de inflorescência quanto de frutos, pois segundo Passos *et al.* (2018); Nogueira *et al.* (2018), o coqueiro quando irrigado adequadamente, apresenta maior produção de flores femininas e menor ocorrência de abortos de frutos de forma prematura, justificando, no entanto, a importância da eficiência da irrigação para a cultura.

A eficiência do uso da água (EUA) da irrigação observada para o peso dos frutos (g), no período de 2020 mostrou interação entre os tratamentos (Figura 32 A). As plantas sem irrigação apresentaram produção máxima de 8,62 g planta⁻¹ com máxima da EUA 0,5272 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹. A lâmina de 50% de ET₀ mostrou uma produção de 5,82 g planta⁻¹ e máxima de EUA 0,4626 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹, enquanto para 150% de ET₀ a maior produção foi de 6,46 g planta⁻¹ e EUA 0,3790 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹. Contudo, os resultados mostraram que a lâmina de 200% da ET₀ apresentou a maior produção com 8,67 g planta⁻¹ em uma EUA máxima de 0,4033 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹.

No que se refere ao peso dos frutos no ano de 2021, as plantas sem irrigação mostraram a menor produção de 7,23 g planta⁻¹, mas com máxima eficiência do uso da água (EUA) de 0,6268 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹, comparando com os demais tratamentos. As plantas que receberam 50% de ET₀ se sobressaíram com a maior produção em peso dos frutos, com 9 g e máxima EUA 0,5547 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹, enquanto as lâminas de 100% e 150% da ET₀ apresentaram valores distintos para peso dos frutos, com 8,24 e 7,44 g planta⁻¹ e EUA de 0,5498 e 0,5869 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹, respectivamente. Assim como a lâmina de 200% de ET₀, mostrou máxima produção de 7,91 g e menor EUA de 0,4469 g frutos planta⁻¹ mm⁻¹ comparando com o tratamento controle (Figura 30 B).

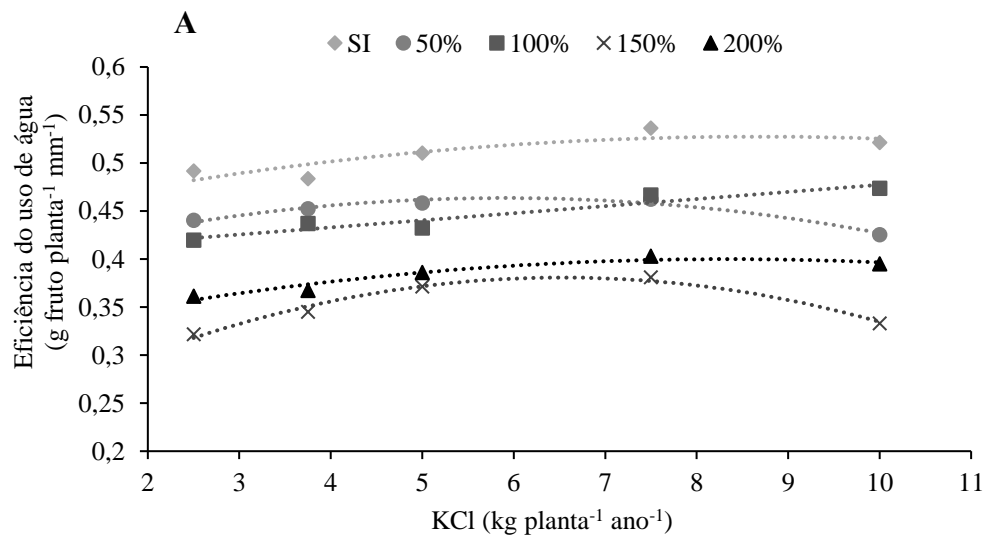
Para as doses de cloreto de potássio aplicado via fertirrigação, houve efeito significativo entre os tratamentos, com valores máximos na EUA para as plantas submetidas as doses de 5,00 e 7,50 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹. Notadamente, nas doses máximas de potássio houve redução na produção, principalmente nas lâminas de 50 e 150% da ET₀. Enquanto as plantas sem irrigação apresentaram um crescimento linear conforme aumentou as doses de potássio, o que possivelmente justifica com a dose de 7,50 kg é possível obter produção máxima dos frutos e

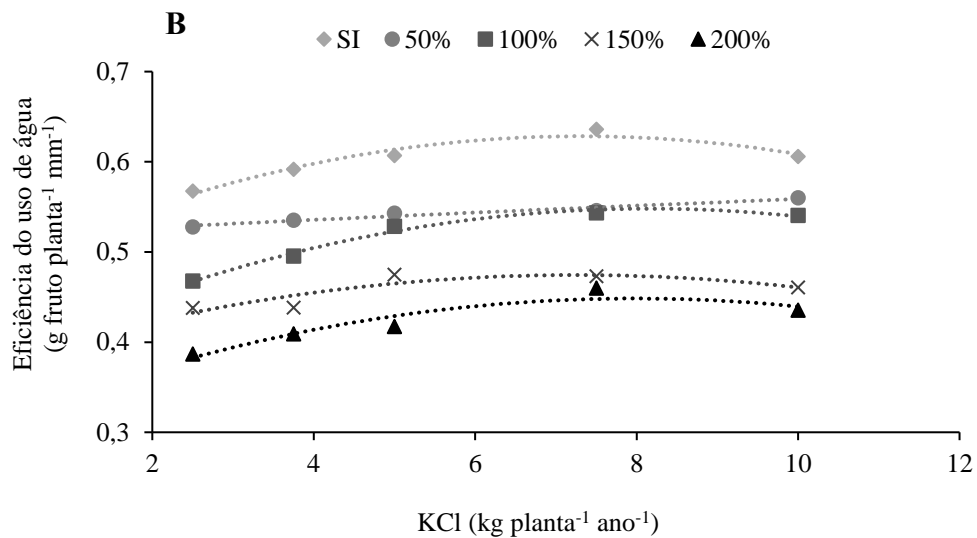
maior eficiência do uso da água com menores lâminas de irrigação, tornando-se economicamente viável (Figura 30 A; B).

Os resultados foram similares para os dois anos avaliados, confirmando a necessidade de novos estudos sobre as características avaliadas, pois as plantas sofrem alterações ambientais adversas no campo. Além do mais, esses resultados possivelmente são justificados pelas condições pluviométricas no ano de 2021, considerado um ano atípico na região em relação a quantidade de chuvas, deixando as plantas sob pouca influência das lâminas de irrigação aplicadas e doses de potássio, conforme mostra o balanço hídrico e a quantidade de água aplicada para as plantas.

Devido à escassez de água, o uso de recursos hídricos é uma preocupação mundial, e a população vem crescendo junto com essa demanda por recursos hídricos e alimentos, assim com o progresso da ciência e tecnologia, é possível produzir mais alimentos com o mínimo de água (YANG *et al.*, 2020). Portanto, ao observar a quantidade de água necessária para a planta produzir é uma alternativa viável que justifica o uso eficiente da irrigação na agricultura.

Figura 30 – Eficiência do uso da água para peso do fruto (g), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação (A - 2020; B - 2021).





Na figura 31 A, os resultados analisados para água de coco no ano de 2020, mostram que os tratamentos sem irrigação apresentaram maior eficiência no uso da água (EUA), com máxima produção de água de coco (ml), nas doses de 7,5 kg planta⁻¹ ano⁻¹, com produção máxima de EUA 0,013 ml de água de coco planta⁻¹ mm⁻¹, reduzindo consideravelmente a produção conforme aumentaram as doses de potássio.

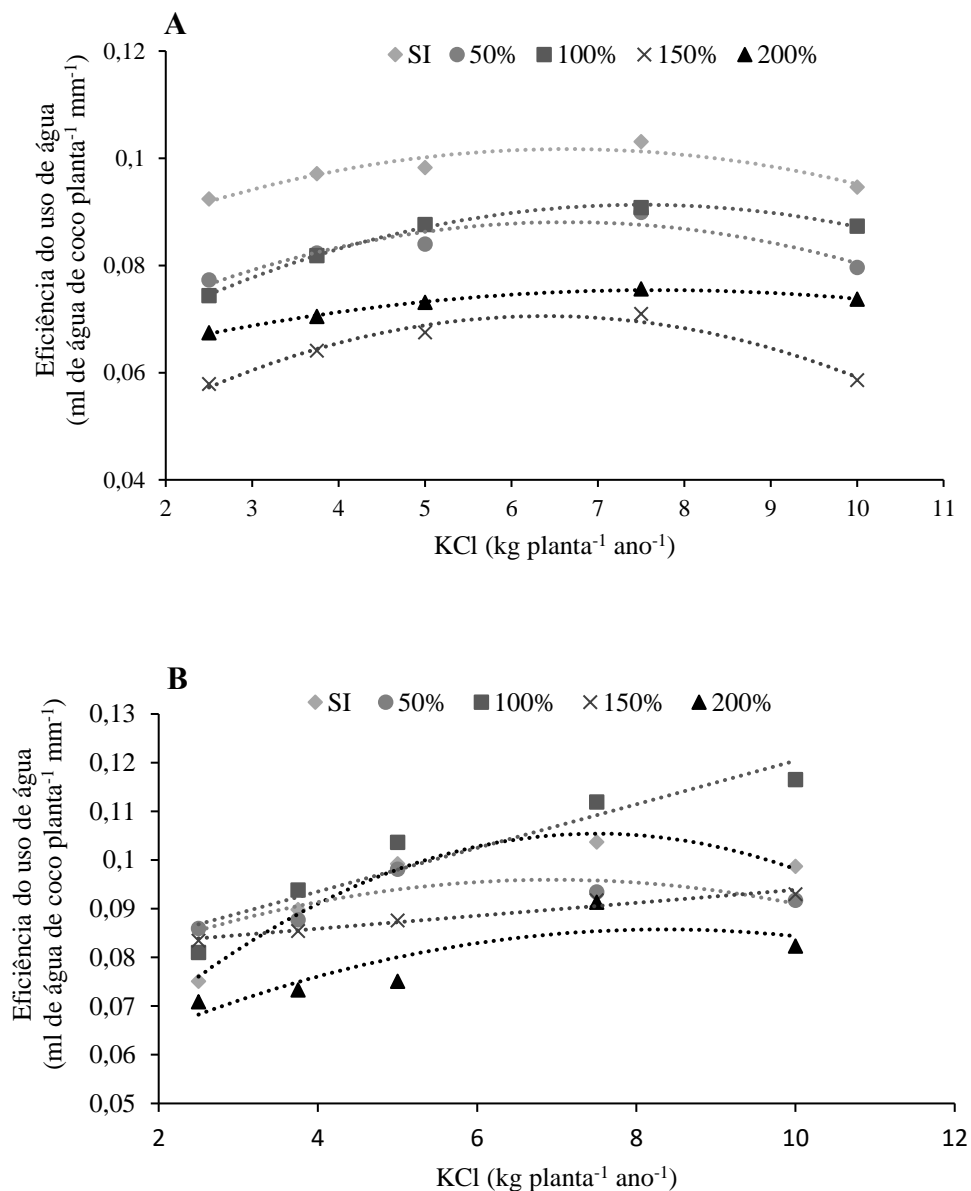
Esses resultados foram similares para as doses 50 e 100% da ET₀, com produção máxima de EUA 0,084 e 0,087 ml de água de coco planta⁻¹ mm⁻¹, para as lâminas 150 e 200% da ET₀ a eficiência da água foi inferior comparando as demais, e possivelmente esses efeitos ocorreram na planta devido o mecanismo hidroativo do potássio, aonde ocorre o fechamento e abertura estomática por meio da absorção de água, ou seja, os íons potássicos absorvidos do solo auxiliam no processo fotossintético que está diretamente ligado à produção dos frutos e da água de coco, resultados que são justificados de acordo com a avaliação das trocas gasosas nesse mesmo período.

Notadamente, ocorreu uma correlação polinomial nos resultados, mostrando que a ausência ou excesso desse nutriente reduz o potencial osmótico, assim como as doses elevadas tornam-se um desbalanço nos níveis de outros nutrientes, afetando a absorção de água pela planta, além de causar redução da produção e desenvolvimento da cultura.

Embora 2021 seja um ano atípico, devido altos índices de precipitação pluviométrica, os resultados mostraram que a lâmina de 100% da ET₀ se sobressaiu com maior produção na eficiência do uso da água de 0,112 ml de água de coco planta⁻¹ mm⁻¹, na dose de 7,5 kg planta⁻¹ ano⁻¹. As demais lâminas de irrigação aplicadas mostraram efeitos similares, com valores máximos na dose de 7,5 e reduzindo consideravelmente conforme aumentaram os teores de

potássio na planta, principalmente o tratamento sem irrigação, justificando que o excesso de nutriente e água podem ser prejudiciais à planta e inviável economicamente, pois a lâmina máxima aplicada mostrou resultados inferiores de 0,091 ml, comparando com 0,104 ml de água de coco planta⁻¹ mm⁻¹ no tratamento controle, sem irrigação (Figura 31 B).

Figura 31 – Eficiência do uso da água para volume da água de coco (ml), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET₀) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação (A - 2020; B - 2021).



Diversos fatores influenciam nos caracteres reprodutivos do coqueiro, como a idade das plantas e as condições climáticas, principalmente a redução no regime pluviométrico, que levam ao abortamento de frutos e redução da produção (CÂMARA *et al.*, 2019). No entanto, conhecer o momento certo de irrigar e a quantidade ideal de água a ser aplicada na planta ajuda a prevenir

o estresse hídrico e favorecer o aumento de produtividade e a maximização da eficiência no uso da água para a produção das plantas (GUERINO *et al.* 2017; FERREIRA *et al.* 2019).

Os resultados também demonstram correlação, em ajustes polinomial e linear (Tabela 7), nas avaliações para a eficiência do uso da água no peso dos frutos e o volume de água de coco, sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,0; 7,5; 10,0 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação nos anos de 2020 e 2021. Esses tipos de ajustes são comuns em avaliações de vegetais em diferentes disponibilidades de água, como nos estudos realizados por Carvalho *et al.* (2016); Neto *et al.* (2018) e Carvalho *et al.* (2018).

Tabela 7. Equações dos gráficos do R^2 dos valores da eficiência do uso da água de irrigação para peso dos frutos (EUA - Peso (kg)) e eficiência do uso da água de irrigação para o volume de água de coco (EUA - Água de coco (ml)), sob diferentes lâminas de irrigação (SI; 50%; 100%; 150%; 200% da ET_0) e doses de potássio (2,5; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 Kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹) aplicados via fertirrigação, 2020 e 2021.

2020		
EUA - Peso (kg)	Função da equação	R^2
SI	$y = 0,0012K_2O^2 + 0,0207K_2O + 0,4379$	$R^2 = 0,75$
50	$y = -0,0022K_2O^2 + 0,0256K_2O + 0,3881$	$R^2 = 0,95$
100	$y = 0,0074K_2O + 0,4034$	$R^2 = 0,91$
150	$y = -0,0039K_2O^2 + 0,0504K_2O + 0,2161$	$R^2 = 0,97$
200	$y = -0,0012K_2O^2 + 0,0208K_2O + 0,3132$	$R^2 = 0,94$
EUA - Água de coco (ml)	Função da equação	R^2
SI	$y = -0,0006K_2O^2 + 0,0076K_2O + 0,0765$	$R^2 = 0,88$
50	$y = -0,0007K_2O^2 + 0,009K_2O + 0,0582$	$R^2 = 0,87$
100	$y = -0,0007K_2O^2 + 0,01K_2O + 0,0536$	$R^2 = 0,99$
150	$y = -0,000K_2Ox^2 + 0,0112K_2O + 0,0347$	$R^2 = 0,96$
200	$y = -0,0003K_2O^2 + 0,0047K_2O + 0,0575$	$R^2 = 0,99$
2021		
EUA - Peso (kg)	Função da equação	R^2
SI	$y = -0,0028K_2O^2 + 0,0405K_2O + 0,4804$	$R^2 = 0,95$
50	$y = -5E-05K_2O^2 + 0,0045K_2O + 0,5183$	$R^2 = 0,94$
100	$y = -0,0025K_2O^2 + 0,0412K_2O + 0,381$	$R^2 = 0,98$
150	$y = -0,0018K_2O^2 + 0,0268K_2O + 0,3772$	$R^2 = 0,76$
200	$y = -0,0022K_2O^2 + 0,0348K_2O + 0,3093$	$R^2 = 0,89$
EUA - Água de coco (ml)	Função da equação	R^2
SI	$y = -0,0012K_2O^2 + 0,0176K_2O + 0,0394$	$R^2 = 0,98$
50	$y = -0,0005K_2O^2 + 0,0073K_2O + 0,0705$	$R^2 = 0,65$
100	$y = 0,0045K_2O + 0,0756$	$R^2 = 0,89$
150	$y = 0,0013K_2O + 0,0806$	$R^2 = 0,96$
200	$y = -0,0005K_2O^2 + 0,0085K_2O + 0,0501$	$R^2 = 0,73$

4.4. CONCLUSÃO

A irrigação e fertirrigação aplicadas de acordo com a evapotranspiração, mostraram que essa técnica é de grande relevância para a agricultura, assim como avaliar as condições climáticas da região, que foram predominantes para observar o comportamento do coqueiro e suas peculiaridades em relação ao seu desenvolvimento e produção.

Conclui-se, portanto, que os melhores resultados com maior incremento em ganhos produtivos e eficiência do uso da água de irrigação, se destacaram as lâminas de 100 e 150% da ET_0 , na dose de 7,50 kg de cloreto de potássio, resultados pertinentes e economicamente viáveis para a cultura do coqueiro. Considerando os efeitos sobre os parâmetros avaliados, é necessário novos estudos com técnicas e estratégias de manejo da irrigação que possa aumentar a eficiência de uso da água e conservar os recursos hídricos, devido poucos conhecimentos sobre as necessidades hídricas reais dessa cultura, principalmente em termos de produtividade a níveis de irrigação e fertirrigação para a região Amazônia.

REFERÊNCIAS

AGOVINO, M. *et al.* Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. **Ecological Indicators**, v.105, 2019.

ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guide for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p.

ANDRADE, I. P. D. S. *et al.* WATER REQUIREMENT AND YIELD OF FIG TREES UNDER DIFFERENT DRIP IRRIGATION MANAGEMENT. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 17–27, 2014.

ARAGÃO, W. M. *et al.* Fruto do coqueiro para consumo natural. **Embrapa Semiárido- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2002.

BANDYOPADHYAY, A. *et al.* Fertigation Effects on Productivity, and Soil and Plant Nutrition of Coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Eastern Indo-Gangetic Plains of South Asia. **International journal of fruit science**, v. 19, n. 1, p. 57-74, 2019.

BASAVARAJU, T. B. *et al.* Effect of fertigation on the productivity of coconut. **Journal of Plantation Crops**, p. 198-204, 2014.

BASTOS T.X. *et al.* Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. **Embrapa Amazônia Oriental: Documentos 128**, Belém, 31 p, 2002.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. **Embrapa Semiárido-Circular Técnica**, 2008.

CÂMARA, F. M. M. *et al.* Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 14, n. 4, p. 291-296, 2019.

CARVALHO, A.V. *et al.* Características físico-químicas de polpas de genótipos de açaizeiro em diferentes períodos de colheita. **Boletim de Pesquisa**, v. 1, p. 16, 2018.

CARVALHO, D. F. *et al.* Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1145–1150, 2016.

CAVALCANTE, L.F. *et al.* **Recuperação de solos afetados por sais**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, INCTSal, p.423-448, 2010.

CINTRA, F. L. D. *et al.* Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n.1, p.1041-1051, 2009.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2008, 356 p.

ENDRES, L. *et al.* Alteração troca gasosa causada por déficit hídrico durante a fase reprodutiva feijão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 3, p.11-16, 2010.

FERREIRA, J. A. *et al.* Characterization of the lipid profile from coconut (*Cocos nucifera* L.) oil of different varieties by electrospray ionization mass spectrometry associated with principal component analysis and independent component analysis. **Food Research International**, v. 123, p. 189-197, 2019.

GUERINO, R. S. *et al.* Productive viability of sweet pepper ('*Capsicum chinense*'[J.] cv. Lupita) using water management with different soil water tensions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 12, p. 1651, 2017.

HOFFMANN, E. L. *et al.* Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1251–1263, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2019. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44>. Acesso em: 28 julho 2021.

JAZAYERI, S. M. *et al.* Efectos fisiológicos del déficit hídrico en dos genotipos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Agro. Colombiana**, v. 33, n. 2, p. 164–173, 2015.

LIMA, E. F. *et al.* Desempenho de equações bioclimáticas para estimativa da evapotranspiração de referência em Conceição do Araguaia/PA. **Revista SUSTINERE**, v. 7, n. 1, p. 96-105, 2019.

LOPES, M. N. G. *et al.* Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 12, 2013.

- MALHOTRA, S. K. *et al.* Diagnosis and management of soil fertility constraints in coconut (*Cocos nucifera*): A review. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 87, n. 6, p. 711-726, 2017.
- MANTOVANI, E.C. *et al.* **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2007. 318p.
- MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa *et al.* Eds. **Recursos hídricos em regiões áridas e Semiáridas**. Campinas Grande PB: Instituto Nacional do Semiárido, p. 383-416, 2011.
- MIRANDA, F. R. *et al.* Eficiência do uso da água na irrigação do coqueiro anão. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 109-124, 2019.
- MIRANDA, F. R. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Ver. Ciência Agron**, v.38, n.2, p.129-135, 2007.
- MIRANDA, F. R. *et al.* Fertirrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.
- MIRANDA, F. R. *et al.* Comportamento reprodutivo e qualidade da água dos frutos do coqueiro-anão irrigado no Vale do Curu, Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical- Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2008.
- MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M. **Manejo da irrigação do coqueiro-anão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 8 p.
- MOLIN, I. L. D.; BARRETE, M. R. Ocorrência e controle de Curculionidae em *Cocos nucifera* L. em Sinop, Mato Grosso. **Semina**, v. 33, n. 1, p. 53-64, 2012.
- NAZARI, B. *et al.* Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. **Agricultural Water Management**, v. 208, n. June, p. 7–18, 2018.
- NETO, H. S. L. *et al.* Silicon (Si) reduces the effects of salt stress on germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 09, p:1410-1418, 2018.
- NOGUEIRA, L. C. *et al.* Irrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.
- OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.
- PASSOS, E. E. M. *et al.* Clima e ecofisiologia. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.
- RINALDI, M. *et al.* Productivity and water use efficiency in processing tomato under deficit irrigation in southern Italy. **Acta Horticulturae**, n. 1081, p. 97–104, 2015.

- ROSADO, A. W. C.; *et al.* Phylogeny, identification, and pathogenicity of lasiodiplodia associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. **Plant Disease**, v. 100, n. 3, p. 561-568, 2016.
- ROSOLEM, C. A.; STEINER, F. Effects of soil texture and rates of K input on potassium balance in tropical soil. **European Journal of Soil Science**, v. 68, n. 5, p. 658-666, 2017.
- SEYEDABADI, E. *et al.* Online measuring of quality changes of banana slabs during convective drying. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.12, 2019.
- SILVA, A. R. A. *et al.* Physiological responses of dwarf coconut plants under water deficit in salt-affected soils. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 447-457, 2017.
- SILVA, J. B. **Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação**. Dissertação de mestrado, p. 53, 2020.
- SOBRAL, L. F. *et al.* Coqueiro-Anão Verde. **Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.
- SOMBOONSUKE, B. *et al.* Farmers' perceptions of impacts of climate variability on agriculture and adaptation strategies in Songkhla Lake basin. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, v. 39, 2018.
- SOUSA, I. F. *et al.* Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte II: Consumo hídrico do coqueiro anão verde irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 526-532, 2011.
- SOUSA, V.F. *et al.* Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. 2. Ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2014.
- SOUZA, E. B. *et al.* Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 81-93, 2017.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TAIZ, L., ZEIGER. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 1955. 104p.
- TYAGI, A. C. Irrigation and drainage for global food security: outcomes of first world irrigation forum. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p.708–709, 2013.
- VIANA, J. L. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas da palma de óleo irrigada em fase inicial de desenvolvimento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 405–423, 2019.
- YANG, D. *et al.* Effect of drip irrigation on wheat evapotranspiration, soil evaporation and transpiration in Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 232, n.1, 2020.

5. FENOLOGIA DO COQUEIRO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES TAXAS EVAPOTRANSPIRATIVAS

RESUMO

O coqueiro (*Cocus nucifera* L.), popularmente conhecido como 'coqueiro anão verde', é uma monocotiledônea da família Arecaceae que possui grande importância econômica. A fertirrigação, técnica na qual os fertilizantes são aplicados via água de irrigação, o que favorece uma maior absorção dos nutrientes, conjuntamente com a irrigação, são técnicas eficientes para o pleno desenvolvimento das culturas. O objetivo do estudo foi avaliar a fenologia do *Cocus nucifera* L sobre diferentes taxas da evapotranspiração (ET_0). O experimento foi realizado na Fazenda Reunidas Sococo na cidade de Santa Izabel do Pará, PA. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 9 (três taxas de ET_0 , calculadas pelo método de Penman-Monteith, com nove períodos de análise) e três blocos. A irrigação foi realizada por microaspersão com turno de rega fixo. Foram selecionadas três plantas da parcela útil, nas quais foram avaliadas as seguintes características: comprimento do estipe, circunferência do coleto e número de folhas vivas e de folhas mortas. As características fenológicas avaliadas foram diretamente influenciadas pelas taxas evaporativas e condições climáticas, se destacando positivamente o tratamento com reposição de 100% da ET_0 , confirmando que em situações de estresse, o coqueiro não apresenta um desenvolvimento vegetativo adequado.

Palavras-chave: condições climáticas, fertirrigação, irrigação.

ABSTRACT

The coconut palm (*Cocus nucifera* L.), popularly known as the 'green dwarf coconut', is a monocot of the Arecaceae family with great economic importance. Fertigation, a technique in which fertilizers are applied via irrigation water, which favors a greater absorption of nutrients, with irrigation, an efficient technique for the full development of crops. This study aimed to evaluate the phenology of *Cocus nucifera* L under different evapotranspiration (ET_0) rates. The experiment was conducted at Reunidas Sococo Farm in the city of Santa Izabel do Pará, PA. The randomized block design was adopted in a 3 x 9 factorial scheme (three ET_0 rates, calculated by the Penman-Monteith method, with nine periods of analysis) and three blocks. The irrigation was performed by micro-sprinkler with a fixed irrigation scheduling. Three plants were selected from the useful plot, in which the following characteristics were evaluated: stipe length, collar circumference, and number of live and dead leaves. The phenological characteristics evaluated were directly influenced by evapotranspiration rates and climatic conditions, with the treatment with the replacement of 100% of the ET_0 standing out positively, confirming that in stress situations, coconut does not present an adequate vegetative development coconut.

Keywords: climatic conditions, fertigation, irrigation

5.1.INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) possui grande importância no contexto econômico, pois desde o cultivo até o seu consumo, há uma geração expressiva de empregos e elevada rentabilidade em sua produção, por conta disso, o interesse por essa cultura aumentou nos últimos anos em vários estados brasileiros (CUENCA et al., 2018).

A produção brasileira de coco no ano de 2019 atingiu mais de 1,5 milhões de toneladas de frutos colhidos em 186 mil hectares de coqueiro (IBGE, 2020). Entre os principais estados produtores, o estado da Bahia se destaca como o maior produtor, com 22% da produção, seguido pelos estados Ceará e Pará, com 16,2 e 12,2%, respectivamente (IBGE, 2019). O Pará demonstra uma produção de coco em expansão, com aumento da área plantada, mas com baixa aplicação de tecnologias e inovações no processo produtivo (FRÓES JUNIOR et al., 2019).

A ecofisiologia e fenologia do coqueiro são de extrema relevância para a cultura, e os fatores climáticos como a temperatura, umidade, pluviosidade, radiação solar e o vento interferem na sua produtividade (PASSOS et al., 2018). O coqueiro emite uma inflorescência a cada 20 ou 30 dias durante o ano e o um período seco prolongado, pode reduzir a inflorescência e número de frutos por cacho, o que compromete sua produtividade (MIRANDA et al., 2007), e por meio de resultados fenológicos é possível destacar quais condições climáticas favorecem ou limitam o desenvolvimento da planta (CASTRO et al., 2009).

O estado do Pará apresenta um elevado índice pluviométrico anual, mas com uma má distribuição das chuvas ao longo do ano, o que justifica o uso da irrigação para suprir a demanda hídrica das culturas nesses períodos de déficit hídrico (ALVARES et al., 2014). A falta de água nas plantas pode causar redução no crescimento, queda prematura de folhas, atraso da reprodução, redução e queda do número de flores femininas (MIRANDA et al., 2007).

As elevadas taxas de evapotranspiração (ET_0) e a má distribuição das chuvas são os principais responsáveis pelo balanço hídrico negativo, sendo um fator limitante ao desenvolvimento das culturas e faz-se necessário o uso da irrigação (CAVALCANTE et al., 2010). A reposição da evapotranspiração da cultura com irrigação, é uma estratégia adotada por produtores rurais em áreas com ou sem limitação hídrica (SILVA, 2020). Diante do exposto e devido à ausência de pesquisas que associem a evapotranspiração com a produção do coqueiro na região Norte do Brasil, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da irrigação em atendimento a diferentes taxas evapotranspirativas na fenologia do coqueiro.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Reunidas Sococo no município de Santa Izabel do Pará, PA. A região apresenta clima AFi (clima tropical úmido), com temperatura média de 26°C segundo a classificação proposta por Köppen. O solo da região é classificado como Neossolo Quartzarênico de acordo com a classificação da Embrapa. A área experimental é composta por coqueiros da variedade anão verde com quatro anos de idade, que estão dispostos no espaçamento de 7,5 metros (triângulo equilátero), irrigados por microaspersão.

Para avaliar a fenologia do coqueiro nesse estudo, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3 x 9, sendo os fatores: irrigação baseada em três taxas evapotranspirativas (S/Irr - sem irrigação; irrigação para reposição de 50% da ET_0 e irrigação para reposição de 100% da ET_0) e nove períodos de avaliação no intervalo de setembro de 2020 a maio de 2021, com três blocos. A observação da fenologia nesse período foi para diagnosticar a interferência da irrigação no período de menor e maior índice pluviométrico na região, analisando se essas condições comprometem a abertura da inflorescência e a queda prematura dos frutos, sendo necessário o acompanhamento de 6 meses, referente a observação completa desde a abertura da inflorescência até o período de colheita dos frutos.

A adubação foi aplicada semanalmente por meio da fertirrigação por bomba de injetora, utilizando os fertilizantes: ureia, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio e cloreto de potássio. Antes da implantação do experimento, no ano de 2014, foi realizada a correção e o preparo do solo por meio da aplicação de calcário e a realização de uma aração e duas gradagens, respectivamente.

As lâminas de irrigações foram aplicadas em turnos de rega fixos a cada dois dias. Após o registro dos dados coletados por uma estação meteorológica automática, calculou-se a ET_0 do dia anterior conforme a Equação 1, que expressa o método de Penman-Monteith (FAO 56) (ALLEN et al., 1998), determinando-se a lâmina necessária para a reposição parcial ou total da taxa evapotranspirativas da cultura.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_0 - evapotranspiração de referência, (mm.d⁻¹); Δ - gradiente da curva pressão vapor; Rn - radiação solar líquida disponível; G -fluxo de calor no solo; γ - constante psicrométrica; U_2 - velocidade do vento a 2 m.s⁻¹; e_s - pressão de saturação do vapor de água atmosférico; e_a - pressão atual do vapor de água atmosférico; e T_a - temperatura média diária do ar.

A lâmina líquida (LL) de irrigação foi estimada em função da fração da ET_0 , utilizando a Equação 2.

$$LL = ET_0 \cdot F \quad (2)$$

Em que:

LL - lâmina líquida (mm dia^{-1}); ET_0 - evapotranspiração de referência da área experimental (mm dia^{-1}); e F - fração da ET_0 .

A lâmina bruta (LB) foi calculada utilizando a Equação 3.

$$LB = \frac{LL}{Ea \cdot CUD} \quad (3)$$

Em que:

LB - lâmina bruta (mm dia^{-1}); LL - lâmina líquida (mm dia^{-1}); Ea - eficiência de aplicação e CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição de água.

O tempo de irrigação (TI) foi calculado utilizando a Equação 4.

$$T = \frac{LB \cdot A}{e \cdot qa} \quad (4)$$

Em que:

T- tempo de funcionamento do sistema de irrigação (h); LB - lâmina Bruta (mm dia^{-1}); A - área ocupada (m^2); e - número de emissores por planta; e qa – vazão média do emissor (m^3/h).

A Ea e o CUD foram determinados no início da instalação do sistema de irrigação. A cada 30 dias, três plantas da parcela útil de cada tratamento foram selecionadas para as observações fenológicas. Os valores de precipitação pluviométrica (PP), evapotranspiração de referência (ET_0) e temperatura média, mínima e máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) foram obtidos da estação meteorológica instalada próximo a área experimental.

Foram avaliadas as variáveis: circunferência do coleto (CC), medida a 5 cm do solo; comprimento do estipe (CE), medido do comprimento do caule da superfície do solo até o ponto de inserção da folha mais velha (ambos com uma fita métrica); número de folhas vivas (NFV), contagem de todas as folhas com 80% da coloração verde; e o número de folhas mortas (NFM), contagem de todas as folhas com 100% da coloração marrom ou com todos os folíolos secos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) com $p < 0,05$ utilizando o software R (R Core Team, 2016).

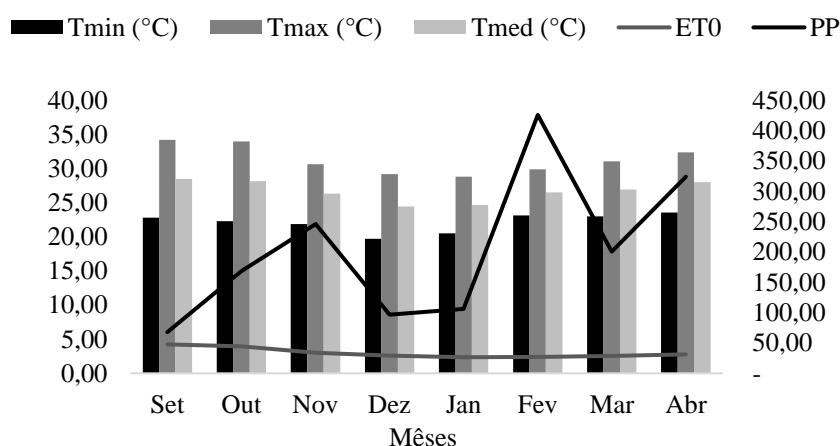
5.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas foram avaliadas diariamente no período de setembro de 2020 a maio de 2021 (Figura 32). Verificou-se que o maior valor de precipitação pluviométrica

foi observado nos meses de fevereiro e abril de 2021 com 425,80 e 324,00 mm, enquanto os menores índices foram observados nos meses de setembro e dezembro de 2020, que apresentaram 67,80 e 96,80 mm, respectivamente. A evapotranspiração de referência se destacou com os maiores índices no mês de setembro de 2020 com 4,23 mm, enquanto o mês de janeiro de 2021 apresentou o menor valor, com 2,35 mm.

A temperatura é um dos fatores que influencia diretamente o comportamento dos vegetais, constatou-se para essa variável, maiores valores médios nos meses de setembro e outubro de 2020, ambos com 28,49°C, já os meses de dezembro de 2020 e janeiro de 2021 apresentaram os menores valores médios, ambos com 24,42°C, ou seja, esse foi um período mais frio quando comparando aos demais meses analisados.

Figura 32. Valores de precipitação pluviométrica (PP); evapotranspiração de referência (ET₀); temperaturas média, mínima e máxima (°C) durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a abril de 2021.



Temperatura (°C); Evapotranspiração de referência (ET₀) e Precipitação pluviométrica (mm) avaliado durante os meses de setembro de 2020 a abril de 2021.

Fonte: Autores (2022).

As elevadas taxas de evapotranspiração e a pouca distribuição das chuvas são os principais fatores responsáveis pelo balanço hídrico negativo em uma determinada região, limitando a exploração comercial de culturas sensíveis ao estresse hídrico (CAVALCANTE et al., 2010). Nesse contexto, a reposição hídrica com base na evapotranspiração é muito utilizada para a prática da irrigação, o que permite o atendimento das necessidades hídricas das culturas, permitindo a obtenção do seu máximo rendimento (SILVA, 2020).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com Hoffmann et al. (2018) e Raza et al. (2019), que verificaram sobre o nordeste paraense um aumento da temperatura do ar no período

de agosto a novembro. Enquanto Cometti et al. (2018) destacaram que altas temperaturas podem causar a queima de bordas das folhas ou deficiência induzida de Ca e com isso ocorre uma maior restrição à absorção de água pelas raízes das plantas.

A irrigação com base na ET_0 é uma estratégia que visa a alteração das condições ambientais na área de plantio, sendo uma importante alternativa para a suplementação de entrada de água no solo, além de criar um ambiente favorável a partir da diminuição da temperatura e umidade relativa (AMARAL; SILVA, 2008). Com isso, de acordo com a Figura 1, os efeitos da irrigação com fundamentação na ET_0 influenciaram nas variáveis ambientais observadas, tendo efeitos distintos em cada variável, sendo tais efeitos, cumulativos àqueles ocasionados pelas variações sazonais do clima (setembro de 2020 a maio de 2021 compreende as estações primavera, verão e outono).

A variável número de folhas vivas foi influenciada pela interação entre os fatores ET_0 e os períodos de avaliação, enquanto o número de folhas mortas foi influenciado isoladamente pelos fatores ET_0 e períodos avaliados. Já as variáveis circunferência do estipe a 5 cm e comprimento do estipe foram influenciadas significativamente somente pela ET_0 (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis: número de folhas vivas (NFV), número de folhas mortas (NFM), circunferência do coleto a 5 cm (CC) e comprimento do estipe (CE), mensuradas em nove períodos (meses) entre setembro de 2020 e maio de 2021.

Fonte de variações	GL	NFV	NFM	CE	CC
ET_0	2	206,25**	16,07**	8,31**	30,73**
Meses	8	18,41**	2,69*	2,51*	1,54NS
ET_0 * Meses	16	1,97**	0,79NS	3,27**	1,73NS
Bloco	2	4,89*	0,48NS	17,94*	9,66*
CV(%)		3,92	17,19	5,86	5,07

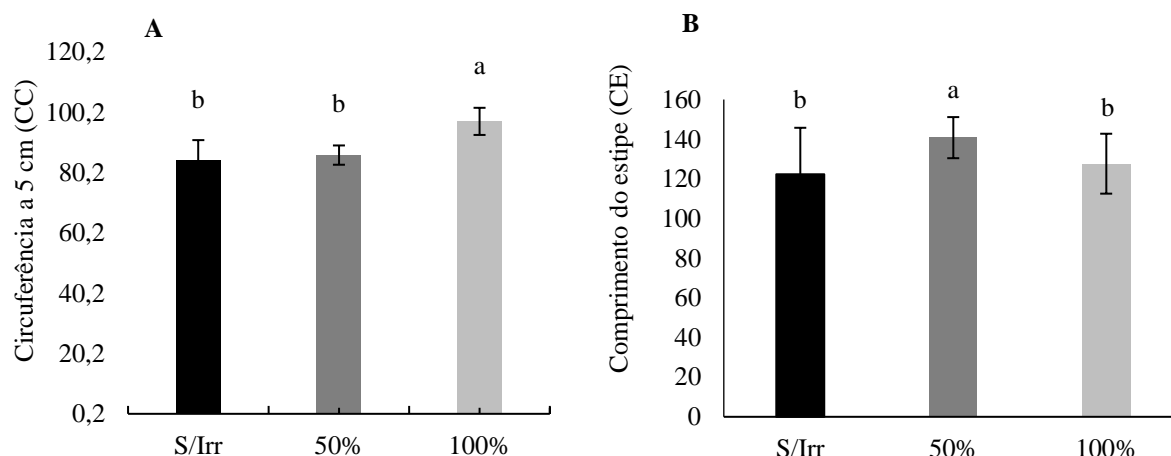
GL: graus de liberdade; ET_0 : evapotranspiração; CV: coeficiente de variação; *significativo pelo teste F (p-valor < 5%); ** significativo pelo teste F (p-valor < 1%)

Fonte: Autores (2022).

Constata-se que a circunferência do coqueiro (Figura 33 A) foi influenciada pela irrigação, sendo o tratamento com reposição de 100% da ET_0 se destacou positivamente ao apresentar a melhor média em relação aos outros tratamentos. Além disso, pode-se relacionar a essa variável, o fato de que durante a condução do experimento, ocorreram períodos de baixa umidade (setembro de 2020) e pouca precipitação pluviométrica (setembro e dezembro de 2020), e segundo Amaral; Silva, (2008), essas condições causa maior perda de água por evapotranspiração, gerando um ambiente capaz de acarretar estresse hídrico à planta, influenciando assim, o seu desenvolvimento, houve constatação dessas condições nos resultados deste estudo para a circunferência do coqueiro.

Observa-se o comprimento do estipe foi maior quando o coqueiro foi submetido ao tratamento com lâmina de irrigação referente à 50% da ET₀. Contudo, apesar de apresentar maior comprimento do estipe que os demais tratamentos, o percentual de aumento foi baixo, sendo de 15% em relação ao tratamento sem irrigação e de 10% em relação ao tratamento irrigado com reposição de 100% da ET₀. Passos *et al.* (2007) afirmam que há a necessidade de se conhecer bem as relações dos elementos climáticos e as suas influências nas partes vegetativas e reprodutivas do coqueiro, para assim, fazer-se melhores interpretações quanto as implicações decorrentes de prováveis estresses (Figura 33 B).

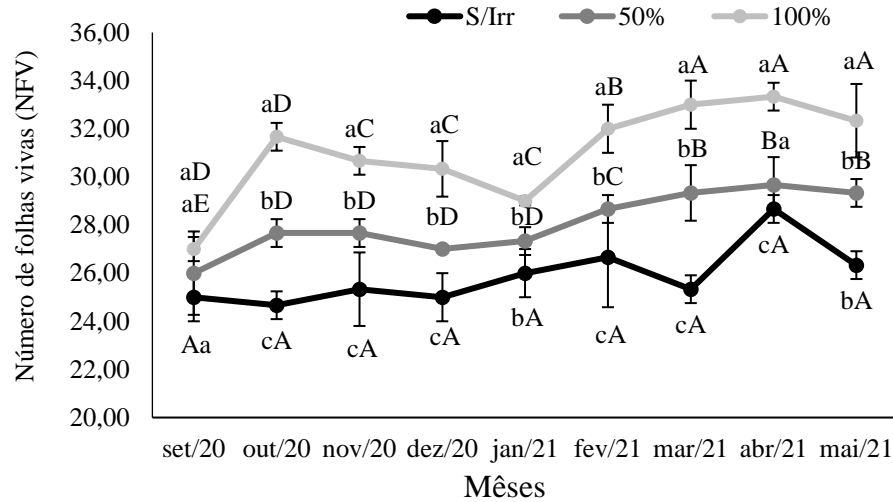
Figura 33. Circunferência do coleto a 5 cm (CC) (A); Comprimento do estipe (CE) (B), expressa em centímetros, avaliada no coqueiro durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.



Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$). S/Irr: sem irrigação; 50% da ET₀; 100% da ET₀.
Fonte: Autores (2022).

Nota-se na figura 34 que o maior número de folhas vivas ocorreu no tratamento irrigado com 100% da ET₀, esse resultado está associado a demanda hídrica da cultura durante a pesquisa, concordando com Castro *et al.* (2009), os quais expõem que uma elevada média de folhas que está relacionada a boas condições vegetativas da planta e pode-se distinguir quais condições favorecem a cultura. É válido salientar, que a irrigação é uma atividade que estimula o desenvolvimento das plantas, nesse contexto, a reposição hídrica realizada neste estudo no período de setembro a dezembro de 2020, possivelmente corroborou para o maior número de folhas vivas nas plantas do tratamento irrigado com 100% da ET₀, caracterizando a irrigação como um benefício para o desenvolvimento da cultura, paralelo com o elevado número de folhas e taxa fotossintética (BENASSI *et al.* 2014).

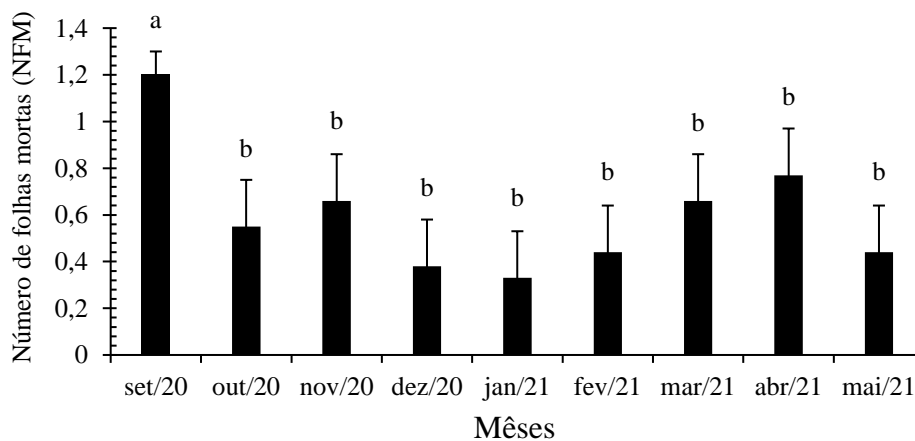
Figura 34. Número de folhas vivas (NFV) avaliado no coqueiro durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.



Letras maiúsculas (períodos) e letras minúsculas (taxas de ET_0); médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúsculas não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); S/Irr: sem irrigação; 50% da ET_0 e 100% da ET_0 .
Fonte: Autores (2022).

O número de folhas mortas não foi influenciado pelo fator irrigação, pois os níveis de irrigação não foram suficientes para minimizar os efeitos do estresse hídrico na cultura. A maior média de folhas mortas ocorreu no mês de setembro (Figura 35), resposta resultante possivelmente das condições climáticas adversas como o baixo índice de precipitação e elevada temperatura, que ocasionaram períodos de déficit hídrico e impactos na fenologia (JAZAYERI *et al.*, 2015; VIANA *et al.*, 2019). A senescência durante o estresse diminui a área foliar, evitando a perda de água pelos estômatos por meio da transpiração. Assim, a água importante para atender a demanda evapotranspirométrica do coqueiro (MIRANDA *et al.*, 2007).

Figura 35. Número de folhas mortas (NFM) do coqueiro avaliado durante a condução do experimento na Fazenda Reunidas Sococo, localizada em Santa Izabel do Pará, PA, no período de setembro de 2020 a maio de 2021.



Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).
Fonte: Autores (2022).

Considerando que todos os tratamentos receberam os mesmos fertilizantes via fertirrigação, percebe-se que os fatores abióticos influenciaram diretamente na ocorrência de folhas mortas. Ademais, diante do atendimento ao requerimento nutricional, outros fatores podem influenciar os caracteres vegetativos do coqueiro, como a idade das plantas e as condições climáticas, que podem levar a um maior número de queda das folhas e ao abortamento dos frutos (CÂMARA *et al.*, 2019). Destaca-se que entre os fertilizantes comumente empregados na adubação do coqueiro, o potássio desencadeia um papel relevante no desenvolvimento vegetativo da parte aérea dessa cultura (SILVA *et al.*, 2017).

5.4.CONCLUSÃO

Os caracteres fenológicos foram diretamente influenciados pela quantidade hídrica disponibilizada via irrigação e se destacou a reposição de 100% da ET_0 , que apresentou maiores valores médios para as variáveis números de folhas vivas e circunferência do estipe. Levando-se em consideração que todas as variáveis fenológicas avaliadas sofreram negativamente com o a falta de irrigação (tratamento sem irrigação), destaca-se que em situações de estresse hídrico, o coqueiro não apresenta desenvolvimento vegetativo adequado, como a maioria das frutíferas, necessita de um manejo de irrigação específico para os períodos de baixa precipitação pluviométrica para atingir um nível de desenvolvimento considerado ideal.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration: Guide for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- AMARAL, J. A. B.; SILVA, M. T. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do gergelim por manejo de irrigação. **Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.
- BENASSI, A. C. *et al.* **O cultivo do coqueiro-anão-verde: tecnologias de produção**. 2014.
- CÂMARA, F. M. M. *et al.* Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 14, n. 4, p. 291-296, 2019.
- CASTRO, C. P. *et al.* Fenologia de cultivares de coqueiro-anão nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 13-19, 2009.
- CAVALCANTE, L.F. *et al.* **Recuperação de solos afetados por sais**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, INCTSal, p.423-448, 2010.

COMETTI, N. N. *et al.* Soluções nutritivas: composição, formulação, usos e atributos. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, R. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**, Viçosa – MG: SBCS, 2018.

CUENCA, M. A. G. Aspectos econômicos. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, 2019.

HOFFMANN, E. L. *et al.* Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1251–1263, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, **Produção Agrícola Municipal** 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em 20 de novembro de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2017. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44>. Acesso em: 28 dezembro 2019.

JAZAYERI, S. M. *et al.* Efectos fisiológicos del déficit hídrico en dos genotipos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Agronomia Colombiana**, v. 33, n. 2, p. 164–173, 2015.

MIRANDA, F. R. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.129-135, 2007.

PASSOS, C. D. *et al.* **Floração e frutificação de três cultivares de Coqueiro Anão**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007.

PASSOS, E. E. M. Morfologia. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

RAZA, A. *et al.* Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. **Plants**, v. 8, n. 2, p. 34-30, 2019.

SILVA, A. R. A. *et al.* Physiological responses of dwarf coconut plants under water deficit in salt-affected soils. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 447-457, 2017.

SILVA, J. B. Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação. Dissertação de mestrado, p. 53, 2020.

VIANA, J. L. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas da palma de óleo irrigada em fase inicial de desenvolvimento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 405–423, 2019.

6. A INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NOS RESULTADOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO DO COQUEIRO (*Cocos Nucifera*, L.) FERTIRRIGADO.

RESUMO

O coqueiro anão verde é uma das frutíferas mais importantes das regiões tropicais, por apresentar vida útil econômica de longa escala, contribuir para o desenvolvimento econômico nacional e na sustentabilidade dos ecossistemas. O objetivo do estudo foi verificar a viabilidade econômica do uso da irrigação e a aplicação do potássio por meio da fertirrigação no coqueiro e os principais entraves que interferem no rendimento desta cultura. O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, Santa Izabel-PA. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições, 5 taxas de ET_0 (S/I; 50%, 100%, 150% e 200%) e 5 doses de potássio (2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹). Foi realizado o balanço hídrico, lâminas de irrigação e a análise econômica do sistema de produção utilizando os indicadores, como: custo unitário do hectare; custo unitário do kg de coco; margem de contribuição unitária: ponto de equilíbrio e saldo de produção após o pagamento dos custos. A produção do coco verde durante os dois anos analisados teve um comportamento crescente na produtividade, embora os tratamentos com maiores lâminas de irrigação foram negativos no primeiro ano de avaliação. Contudo, pode-se inferir que as técnicas de cultivo utilizadas nesse estudo demonstraram por meio dos indicadores de viabilidade econômica eficiência no sistema de irrigação por microaspersão. Assim, a fertirrigação com potássio proporcionou maior aumento de produtividade para a cultura em 2020 e 2021.

Palavras-chave: Custos; Potássio; Produtividade; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The green dwarf coconut palm is one of the most important fruit trees in tropical regions, as it has a long-scale economic life, contributes to national economic development and to the sustainability of ecosystems. The objective of the study was to verify the economic viability of the use of irrigation and the application of potassium through fertigation in the coconut tree and the main obstacles that interfere in the yield of this crop. The experiment was implemented at the Reunidas Sococo farm, Santa Izabel-PA. A randomized block design was used, in a 5 x 5 factorial scheme, with 25 treatments and three replications, 5 ET_0 rates (S/I; 50%, 100%, 150% and 200%) and 5 doses of potassium (2.50; 3.75; 5.00; 7.50 and 10.00 kg of KCl plant⁻¹ year⁻¹). Water balance, climate assessments and economic analysis of the production system were carried out using indicators such as: unit cost per hectare; unit cost per kg of coconut; unit contribution margin: break-even point and production balance after payment of costs. The production of green coconut during the two years analyzed had an increasing behavior in productivity, although the treatments with higher irrigation depths were negative in the first year of evaluation. However, it can be inferred that the cultivation techniques used in this study demonstrated, through the indicators of economic viability, efficiency in the microsprinkler irrigation system. Thus, fertigation with potassium provided a greater increase in productivity for the crop in 2020 and 2021.

Keywords: Costs; Potassium; Productivity; Economic viability.

6.1.INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma das frutíferas mais difundidas no mundo, por apresentar grande importância econômica, fácil adaptação e gerar variados produtos, tanto de forma in natura quanto industrializada (CUENCA *et al.*, 2018). É considerado uma das mais importantes palmeiras das regiões tropicais e essa variedade é destinada à produção de água de coco por ter um bom desempenho na qualidade e no rendimento (MARTINS, 2018).

Do ponto de vista agrônomo e socioeconômico o coqueiro é uma das palmeiras mais importantes, principalmente quando se refere à sustentabilidade de ecossistemas, além de apresentar vida útil econômica entre 30 a 70 anos de acordo com a variedade cultivada (CINTRA *et al.*, 2009). De acordo com Rodrigues *et al.* (2016), essa cultura corresponde por uma alta geração de emprego e renda para a região norte e nordeste.

A fruticultura é uma atividade que tem grande contribuição para o desenvolvimento econômico nacional (ARAUJO *et al.*, 2019; CARVALHO *et al.*, 2020). E a cultura do coqueiro assume importante desempenho econômico e social, capaz de gerar atividade que emprega mão-de-obra de forma contínua, permitindo, ainda, o consórcio com outras culturas, além de contribuir para a fixação do homem no campo (ARAGÃO *et al.*, 2009).

A produção mundial de coco foi de aproximadamente 63,6 milhões de toneladas em 2020, e os três principais países produtores são a Indonésia, Filipinas e Índia. Em 2019, a produção brasileira atingiu mais de 1,5 milhões de toneladas de frutos colhidos em aproximadamente 186 mil hectares (IBGE, 2020). O Brasil continua como o quarto maior produtor mundial, e devido as condições climáticas favoráveis, a previsão de área colhida chegue a 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhão de frutos (BRAINER, 2020).

No Brasil a produção de coco está distribuída em todo o território, sendo as regiões de maiores destaques o nordeste e norte. Segundo Brainer (2020), a região nordeste continua como a maior produtora, com 81,3% da área plantada e 71,2% da produção nacional em 2020. O estado da Bahia destaca-se como o maior produtor do país. O estado do Pará apresenta 12,2% da produção, porém ainda há entraves para o crescimento da produção, como a baixa aplicação de tecnologias e inovações nos sistemas produtivos (FRÓES JUNIOR *et al.* 2019).

O cultivo do coqueiro no estado do Pará, se intensificou por meio da empresa Sococo S/A - Agroindústria da Amazônia, responsável em difundir a cocoicultura no nordeste paraense, região que apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para o desenvolvimento dessa planta (CAVALCANTE, 2015). Segundo, Lins (2009) as condições edafoclimáticas do estado, são adequadas para o desenvolvimento de palmeiras.

No Pará o uso da irrigação vem crescendo, mas observa-se pouca tecnologia implantada, principalmente nos dimensionamentos dos sistemas de irrigação, que reflete diretamente no aumento dos custos de operação e redução da eficiência de aplicação de água (SOUZA *et al.*, 2012). Nos últimos anos, a irrigação vem se destacando dentro do setor agrícola brasileiro como umas das práticas que mais aumenta a produtividade das culturas (FOLEY *et al.*, 2011).

A escassez de recursos hídricos é uma preocupação global, onde a população mundial vem aumentando junto com a demanda por recursos hídricos e alimentos, assim produzir mais alimentos com o mínimo de água tornou-se o objetivo dos cientistas (YANG *et al.*, 2020). Para a cocoicultura, essa prática tem demonstrado eficiência, aumentando a produção por área (JAYAKUMAR *et al.*, 2017; KHANDEKAR *et al.*, 2016). Nessa perspectiva, o objetivo desse estudo foi verificar a viabilidade econômica do uso da irrigação e aplicação do potássio via fertirrigação no coqueiro e os principais entraves que interferem no rendimento desta cultura.

6.2.MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Localização da área experimental

O experimento foi implantado na fazenda Reunidas Sococo, no município de Santa Isabel do Pará – PA. A região apresenta clima AFi Segundo Köppen, com temperatura média de 26° C, solo como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2008).

6.2.2. Manejo da irrigação e fertirrigação

O manejo da irrigação foi realizado por meio de uma estação meteorológica automática instalada próximo à área experimental, a irrigação ocorreu em função da reposição da evapotranspiração de referência (ET_0) diária, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) (ALLEN *et al.*, 1998). O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, cada planta recebeu um microaspersor rotativo autocompensante para irrigação, com vazão de 96 L.h⁻¹, os emissores foram posicionados a um metro da base dos coqueiros.

6.2.3. Condução do experimento

Após o preparo do solo foi realizado o plantio com mudas de coco da variedade anão verde no espaçamento de 7,5 m entre plantas em triângulo equilátero. O experimento foi instalado usando o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco frações de evapotranspiração de referência (S/I (Sem Irrigação); 50%, 100%, 150% e 200%) para a reposição da lâmina de água e cinco doses de cloreto de potássio seguindo a recomendação de

adubação utilizada pela empresa Sococo (100%; 150%; 200%; 300% e 400%, equivalente a 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹. De posse da análise do solo feita pela empresa, foram realizadas as adubações via fertirrigação com frequência de aplicação semanal, com o uso dos fertilizantes uréia, MAP, sulfato de magnésio e cloreto de potássio, seguindo a recomendação de adubação proposta por Lins e Viégas (2008).

A colheita dos frutos foi realizada em plantas com 5 anos de idade na parcela útil central, a cada 21 dias, em cachos com 7 meses após a abertura da inflorescência, realizada entre o horário das 6:00 às 8:00 horas da manhã. Os frutos foram levados para o laboratório de fitossanidade da empresa onde ocorreu a avaliação das características, peso dos frutos (kg) e volume de água (ml), enquanto ao número de frutos por planta foi realizada diretamente no campo durante a colheita.

Os tratamentos foram distribuídos na parcela experimental utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), constituindo 25 tratamentos da seguinte forma: T1 – T5 (Sem Irrigação); T6 – T10 (50% da ET₀); T11 – T15 (100% da ET₀); T16 – T20 (150% da ET₀) e T21 – T25 (200% da ET₀). Todos os tratamentos dentro de cada bloco receberam a aplicação das doses de cloreto de potássio de forma crescente, como: 100%; 150%; 200%; 300% e 400%, equivalente a 2,50; 3,75; 5,00; 7,50 e 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹.

6.2.4. Análise econômica do sistema de produção

A análise econômica foi realizada por meio de 5 indicadores, calculados a partir da determinação dos custos de produção para um hectare de coqueiro utilizando os vinte e cinco tratamentos realizados no experimento, sendo que se considerou o montante de 204 plantas por hectare em um espaçamento 7,5 por planta em um triângulo equilátero.

Os custos de produção levantados fazem referência as etapas de manejo e cuidados diários que a cultura necessita. Nesse caso foram considerados os custos de tratos culturais, Tratos fitossanitários, Insumos, manutenção da irrigação, custo de energia da irrigação, KCL (Cloreto de potássio), Ureia, MAP (Fosfato Monoamônico) e Stoller de magnésio, sendo importante salientar que os itens sofrem alterações nos seus valores de acordo com a quantidade utilizada em cada tratamento.

Os indicadores utilizados para comparação de qual tratamento possui mais eficiência econômica foram os seguintes: Custo Unitário do Hectare (R\$/Ha) onde se considerou a soma dos custos de produção de cada tratamento durante um ano de produção da cultura; Custo Unitário do kg de coco (R\$/ kg) que foi calculado fazendo a divisão do custo por hectare pela produção obtida ao longo de um ano; Margem de Contribuição Unitária (R\$/ kg) que foi

calculada realizando a subtração do preço recebido pelo kg de coco e o custo unitário do kg; Ponto de Equilíbrio (kg) obtido através da divisão do custo unitário do hectare e preço recebido pelo kg do coco obtendo-se assim a quantidade mínima que deve ser produzida e comercializada para que se pague a estrutura de custos existente no sistema de produção; Por fim foi calculado o saldo de produção após o pagamento dos custos (kg) que é determinado pela subtração da quantidade produzida durante o ano e a quantidade obtida no ponto de equilíbrio, demonstrando assim quanto sobraria em kg de coco após comercialização da quantidade do ponto de equilíbrio. Considerou-se nos cálculos o preço pago pelo kg do coco igual a R\$ 1,20.

6.2.5. Balanço hídrico

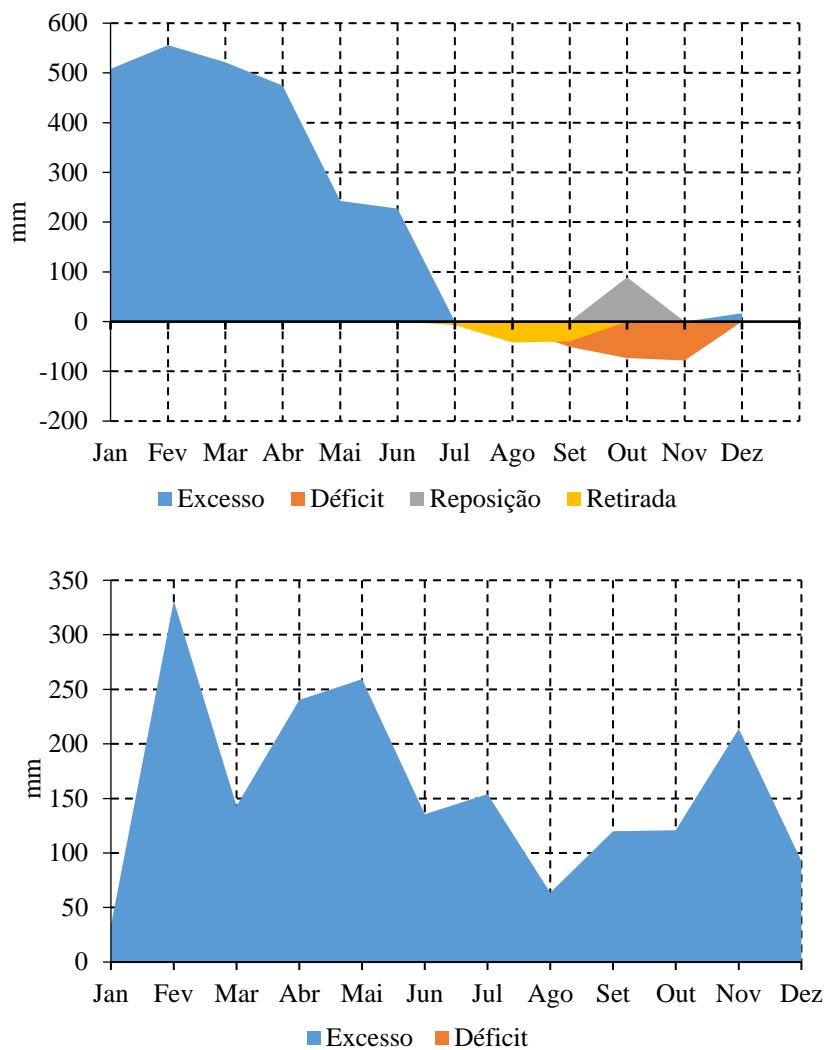
O resultado do balanço hídrico da área experimental foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), usando dados climatológicos da estação meteorológica automática instalada na Fazenda Reunidas Sococo para o ano de 2020 e 2021.

6.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climatológico da área experimental mostra sobre os principais períodos que ocorreu a reposição hídrica da água do solo na região, com início em dezembro e período de maior excedente hídrico entre janeiro e maio, com máxima de 508 e 475 mm de precipitação, com uma redução consideravelmente em maio e junho de 243 e 227 mm, dando início ao período deficiência hídrica na região no mês de julho a novembro, com restrição hídrica nos meses de agosto e setembro (Figura 36).

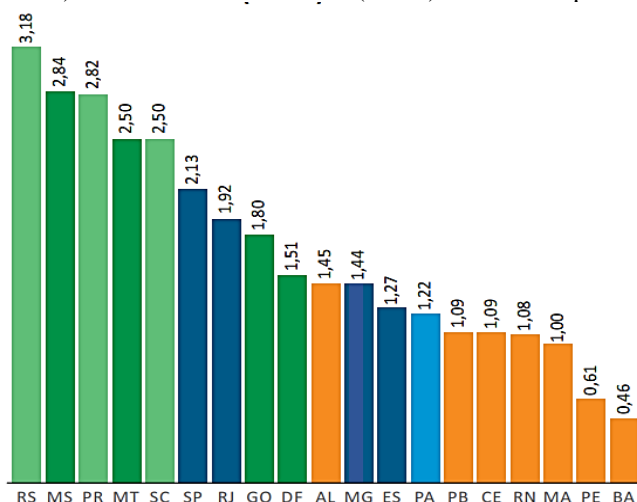
Os resultados observados no balanço hídrico da área experimental para os dois anos em estudo confirmam a diferença significativa que ocorreu na viabilidade econômica para a cultura do coqueiro fertirrigado, pois houve uma redução na irrigação aplicada para o ano de 2021, o que corresponde a uma maior economia no sistema implantado, bem como a alta produção de frutos neste período. Os valores climáticos trazem grandes preocupações para a agricultura, pois podem causar riscos, incertezas e variabilidade na produção e manejo das espécies frutíferas (SOMBOONSUKE *et al.*, 2018; SEYEDABADI *et al.*, 2019;). Segundo Marengo *et al.* (2011), a sazonalidade da precipitação é um dos fatores de grandes impactos para a agricultura, pois seu desempenho necessita da distribuição do total de chuva, o que justifica os resultados obtidos nesse estudo.

Figura 36 – Extrato do balanço hídrico mensal da área experimental, 2020 – 2021.



De acordo com Brainer (2020), os maiores preços do coco verde no Brasil são encontrados nos estados do Sul e Centro-Oeste, com produção inferior e se abastece de outras regiões, o que encarece devido a logística de comercialização. Os menores preços são praticados nos estados do Nordeste e Pará (Figura 37).

Figura 37 – Preços médios (R\$/fruto) do coco verde no atacado (Ceasa) dos estados para o ano de 2020.



Fonte: CONAB (2020).

De acordo com a tabela 9, na qual observa-se que a região Norte é a segunda maior produtora, considerando a área colhida em hectares e produção de frutos do coqueiro, ficando atrás apenas do Nordeste, enquanto em relação ao rendimento de frutos/há a região nordeste tem menor rendimento comparando com as demais regiões nos anos de 2019 e 2020. Na região norte, há grande área plantada com alta utilização de insumos e tecnologia (BRAINER, 2020).

Tabela 9 – Área colhida, produção e rendimento coco por região brasileira, 2019 – 2020.

Região	Área colhida (hectares)		Produção (milhões de frutos)		Rendimento (frutos/há)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Brasil	199.659	223.057	1.661	1.951	8.319	8.747
Norte	24.411	33.698	252	361	10.304	10.699
Nordeste	158.313	169.763	1.146	1.269	7.239	7.475
Sudeste	15.179	17.387	244	297	16.065	17.076
Sul	290	522	3	5	8.679	9.870
Centro - Oeste	1.467	1.686	17	19	11.666	11.207

Fonte: IBGE, 2020.

Diante de todos os tratamentos avaliados para os indicadores de viabilidade econômica no período de 2020 na área experimental, nota-se que os maiores custos unitários por hectare ocorreram nos tratamentos que receberam as maiores doses de cloreto de potássio (10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), assim como o custo unitário R\$/kg. Por outro lado, observa-se que os resultados acima de R\$ 1,20, que é o preço recebido pelo kg do coco, demonstram resultados negativos, uma vez que o custo unitário para produzir 1 kg de coco nesses tratamentos é maior que preço recebido pelo kg do coco (Tabela 10). Os resultados negativos, considerando o preço recebido pelo kg do coco igual a R\$ 1,20, mostram que o custo unitário de produção de um kg

de coco com esse tratamento, é maior que o preço recebido pelo kg de coco em R\$,0,21, R\$ 0,12, R\$ 0,18, R\$ 0,24, R\$ 0,37 e R\$ 0,47.

Convém ressaltar que os resultados do ponto de equilíbrio negativos demonstram os tratamentos que para pagar os seus custos precisam produzir uma quantidade maior, em virtude do elevado custo de produção por hectare, pois a produtividade reduziu nesses tratamentos, sem atingir o ponto de equilíbrio eficiente, tornando-se economicamente inviável. Esses tratamentos negativos receberam a maior lâmina de irrigação (200% da ET_0), o que gerou maior custo de energia elétrica e mão-de-obra. Os resultados observados podem ser justificados pelo balanço hídrico de 2020, quando comprova que em 2020 o sistema de irrigação manteve-se ligado por um longo período, gerando mais despesas quando comparado com 2021.

Tabela 10 – Indicadores de viabilidade econômica para a cultura do coqueiro irrigado e fertirrigado com potássio, (Tratamento; Custo Unitário (R\$/há); Custo unitário (R\$/kg); Margem de Contribuição Unitária (R\$/kg); Ponto de Equilíbrio (kg) e Saldo de produção após o pagamento dos custos (kg), 2020.

Indicadores de Viabilidade						
Trat.	Custo Unit (R\$/há)	Custo Unit. (R\$/kg)	Margem de Cont. Unit. (R\$/kg)	Ponto de Equilíbrio (kg)	Saldo de prod. após o pag. dos custos (kg)	
T1	R\$ 6.629,70	R\$ 0,44	R\$ 0,76	5525	9483	
T2	R\$ 7.514,55	R\$ 0,55	R\$ 0,65	6262	7442	
T3	R\$ 8.399,40	R\$ 0,59	R\$ 0,61	7000	7223	
T4	R\$ 10.169,10	R\$ 0,70	R\$ 0,50	8474	6052	
T5	R\$ 11.938,80	R\$ 0,82	R\$ 0,38	9949	4630	
T6	R\$ 7.805,07	R\$ 0,53	R\$ 0,67	6504	8212	
T7	R\$ 8.689,92	R\$ 0,58	R\$ 0,62	7242	7781	
T8	R\$ 9.574,77	R\$ 0,64	R\$ 0,56	7979	6949	
T9	R\$ 11.344,47	R\$ 0,76	R\$ 0,44	9454	5382	
T10	R\$ 13.114,17	R\$ 0,87	R\$ 0,33	10928	4091	
T11	R\$ 12.216,95	R\$ 0,76	R\$ 0,44	10181	5795	
T12	R\$ 13.101,80	R\$ 0,82	R\$ 0,38	10918	4979	
T13	R\$ 13.986,65	R\$ 0,88	R\$ 0,32	11656	4283	
T14	R\$ 15.756,35	R\$ 0,98	R\$ 0,22	13130	2952	
T15	R\$ 17.526,05	R\$ 1,11	R\$ 0,09	14605	1247	
T16	R\$ 15.864,45	R\$ 0,99	R\$ 0,21	13220	2843	
T17	R\$ 16.749,30	R\$ 1,02	R\$ 0,18	13958	2404	
T18	R\$ 17.634,15	R\$ 1,09	R\$ 0,11	14695	1432	
T19	R\$ 19.403,85	R\$ 1,19	R\$ 0,01	16170	136	
T20	R\$ 21.173,55	R\$ 1,41	-R\$ 0,21	17645	-2610	
T21	R\$ 19.953,52	R\$ 1,32	-R\$ 0,12	16628	-1558	
T22	R\$ 20.838,37	R\$ 1,38	-R\$ 0,18	17365	-2227	
T23	R\$ 21.723,22	R\$ 1,44	-R\$ 0,24	18103	-2994	
T24	R\$ 23.492,92	R\$ 1,57	-R\$ 0,37	19577	-4597	
T25	R\$ 25.262,62	R\$ 1,67	-R\$ 0,47	21052	-5911	

De acordo com os resultados obtidos na produção do coqueiro na área experimental no ano de 2021 (Tabela 11) é perceptível a eficiência do sistema de irrigação e fertirrigação para a crescente produção de coco comparando com o ano de 2020. Contudo, é válido destacar que houve uma considerável redução nos custos de energia elétrica e mão de obra para a irrigação, uma vez que não houve déficit hídrico durante o ano. Existiu uma redução do período de irrigação comparando com o ano de 2020, conforme apresenta o balanço hídrico da área experimental de 2021. É notório que todos os tratamentos foram economicamente viáveis, até os que receberam as maiores lâminas (T20 – T25) e maiores doses de potássio (10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹), diferindo significativamente de 2020, quando foram negativos.

Embora todos os tratamentos tenham apresentados resultados positivos é válido observar que aqueles submetidos às maiores doses de potássio e lâmina de irrigação causam maiores custos, visto que as doses de 3,75; 5,00 e 7,50 kg de KCl nas lâminas de 50%, 100% e 150% da ET₀ mostraram resultados satisfatórios para a produção esperada na cultura do coqueiro, comparando com a dose máxima de 10,00 kg de KCl planta⁻¹ ano⁻¹, assim como as doses de 200% da ET₀ com maior custo unitário por kg de coco, em média de R\$ 1,00 R\$/kg (Tabela 11). Nota-se que não houve problemas em reduzir a irrigação pois ocorreu uma redução nos custos e elevada produtividade em vários tratamentos em 2021 comparando com 2020, que contribuiu para resultados positivos em todos os indicadores calculados.

Tabela 11 – Indicadores de viabilidade econômica para a cultura do coqueiro irrigado e fertirrigado com potássio, (Tratamento; Custo Unitário (R\$/há); Custo unitário (R\$/kg); Margem de Contribuição Unitária (R\$/kg); Ponto de Equilíbrio (kg) e Saldo de produção após o pagamento dos custos (kg), 2021.

Indicadores de Viabilidade						
Trat.	Custo Unit. (R\$/há)		Custo Unit. (R\$/kg)	Margem de Cont. Unit. (R\$/kg)	Ponto de Equilíbrio (kg)	Saldo de prod. após o pag. dos custos (kg)
T1	R\$	6.403,34	R\$ 0,50	R\$ 0,70	5336	7564
T2	R\$	7.288,19	R\$ 0,54	R\$ 0,65	6073	7309
T3	R\$	8.173,04	R\$ 0,60	R\$ 0,60	6811	6830
T4	R\$	9.942,74	R\$ 0,71	R\$ 0,49	8286	5672
T5	R\$	11.712,44	R\$ 0,87	R\$ 0,33	9760	3665
T6	R\$	7.578,71	R\$ 0,47	R\$ 0,73	6316	9827
T7	R\$	8.463,56	R\$ 0,52	R\$ 0,68	7053	9120
T8	R\$	9.348,41	R\$ 0,54	R\$ 0,66	7790	9532
T9	R\$	11.118,11	R\$ 0,64	R\$ 0,56	9265	8093
T10	R\$	12.887,81	R\$ 0,74	R\$ 0,46	10740	6707
T11	R\$	9.611,71	R\$ 0,55	R\$ 0,65	8010	9346
T12	R\$	10.496,56	R\$ 0,58	R\$ 0,62	8747	9376
T13	R\$	11.381,41	R\$ 0,62	R\$ 0,58	9485	8842
T14	R\$	13.151,11	R\$ 0,70	R\$ 0,50	10959	7880
T15	R\$	14.920,81	R\$ 0,79	R\$ 0,41	12434	6523
T16	R\$	12.278,38	R\$ 0,65	R\$ 0,55	10232	8634
T17	R\$	13.163,23	R\$ 0,72	R\$ 0,48	10969	7438
T18	R\$	14.048,08	R\$ 0,75	R\$ 0,45	11707	7128
T19	R\$	15.817,78	R\$ 0,84	R\$ 0,36	13181	5602
T20	R\$	17.587,48	R\$ 0,93	R\$ 0,27	14656	4159
T21	R\$	15.090,02	R\$ 0,79	R\$ 0,41	12575	6543
T22	R\$	15.974,87	R\$ 0,88	R\$ 0,32	13312	4800
T23	R\$	16.859,72	R\$ 0,90	R\$ 0,30	14050	4714
T24	R\$	18.629,42	R\$ 0,98	R\$ 0,22	15525	3478
T25	R\$	20.399,12	R\$ 1,12	R\$ 0,08	16999	1273

Estudos realizados por Martins *et al.* (2016), após analisar a agroeconomia do sistema de produção de coco na região norte e nordeste, ressaltaram que os maiores custos estão relacionados com operações manuais e insumos, como tratamento fitossanitário, manejo da irrigação e fertilizantes. A viabilidade econômica da irrigação apresenta altos custos, porém com bom funcionamento (ALVES JUNIOR *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2015).

Segundo Miranda *et al.* (2018), a fertirrigação proporciona além do aumento de produtividade, a economia de tempo e de mão-de-obra para a aplicação dos fertilizantes e promove a aplicação uniforme dos nutrientes na área irrigada, desde que o sistema de irrigação apresente boa uniformidade. Enquanto Basavaraju *et al.* (2014), analisando o efeito da fertirrigação na produtividade de coco, observaram que a produtividade obtida com o

tratamento de 100% da recomendação de NPK aplicado de forma convencional não diferiu estatisticamente do tratamento fertirrigado com 75% de NPK, demonstrando a redução do uso de fertilizantes, dos custos de produção e aumento da rentabilidade no coqueiro.

Em relação aos custos do sistema de irrigação, o de funcionamento é mais alto comparando com implantação, evidenciando a relevância da escolha adequada do tipo de funcionamento e dimensionamento. O aumento de produtividade na agricultura através da irrigação vem se tornando uma técnica muito utilizada, principalmente na cocoicultura, por maximizar a produtividade por área (JAYAKUMAR et al. 2017; KHANDEKAR *et al.* 2016).

Segundo Barbosa (2016) e Chiapinoto (2018) avaliando a viabilidade do sistema de irrigação, evidenciaram que em todos os cenários os custos de funcionamento são maiores devido ao valor atual do combustível e energia elétrica. Enquanto, Alves Júnior et al. (2015), ressaltaram que a viabilidade econômica da irrigação para outras culturas como a soja, milho e cana-de-açúcar os maiores custos em um sistema de irrigação são no seu funcionamento.

A análise de sistemas produtivos através da mensuração de indicadores de viabilidade é sempre mais utilizada na avaliação de culturas, pois de acordo com os indicadores econômicos, os sistemas produtivos revelam se estão economicamente viáveis para o produtor, embora a atividade possua elevado risco, especialmente o sistema com baixa produtividade (BARBOSA *et al.*, 2015). De acordo com os respectivos autores, esses resultados evidenciam o aumento da eficiência dos fertilizantes aplicado via fertirrigação nesse estudo, porque além de reduzir a quantidade e custos ao produtor, principalmente com mão-de-obra, há também o aumento da rentabilidade, devido o acréscimo da produtividade em relação a adubação convencional.

6.4.CONCLUSÃO

As análises econômicas realizadas demonstraram que a produção do coco verde apresentou um comportamento crescente na produtividade, embora os tratamentos com maiores lâminas de irrigação foram negativos no primeiro ano de avaliação. Desse modo, é válido ressaltar que as técnicas de cultivo utilizadas nesse estudo demonstraram por meio dos indicadores de viabilidade econômica que é possível obter maior produtividade sem a necessidade do aumento das áreas para a produção. Pois, a tecnologia da irrigação e fertirrigação foi eficiente, com um aumento de produtividade para a cultura em 2020 e 2021, tornando-se economicamente viável, pois o mercado do coco é altamente promissor e oferece segurança aos produtores durante todo o ano por ser uma cultura de produção contínua.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guide for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p.

ALVES JUNIOR, J. *et al.* Viabilidade econômica da irrigação por pivô central nas culturas de soja, milho e tomate, em diferentes demandas hídricas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, 2015.

ARAGÃO, W. M. *et al.* Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro Gigante vs híbridos. **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju**, p. 37-60, 2009.

ARAÚJO, M. B. F. *et al.* Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.10, 2019.

BARBOSA. *et al.* Competitividade e viabilidade econômica: uma análise entre sistemas de produção de dendê em Tailândia/Pará. **Custos e @gronegocio on-line**, v.11, n.1, p: 1-21, 2015.

BARBOSA, M. A. G. **Viabilidade de investimento e análise de risco econômico em projetos de irrigação para produção de tomate no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.** 2016.

BASAVARAJU, T. B. *et al.* Effect of fertigation on the productivity of coconut. **Journal of Plantation Crops**, p. 198-204, 2014.

BRAINER, M. S. C. R.; XIMENES, L. F. Produção de coco – soerguimento das áreas tradicionais do nordeste. **Caderno setorial Etene**, ano.5, n.127, 2020.

CARVALHO, J. S. *et al.* Características fitotécnicas e nutricionais de bananeiras submetidas a fontes de fertilizantes para o manejo orgânico. **Nativa**, v.8, 2020.

CAVALCANTE, L.V. **A nova geografia do coco: Reestruturação produtiva, territorialização do capital e dinâmicas socioespaciais.** 298 f, Dissertação (Mestrado em Geografia) -Universidade estadual do Ceará. Fortaleza, CE, 2015.

CHIAPINOTO, F. V.; MARION FILHO, P. J. Competitividade dos sistemas de irrigação de arroz no Rio Grande do Sul. **Custos e @gronegocio online** v. 14, 2018.

CINTRA, F. L. D. *et al.* Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n.1, p.1041-1051, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2020. PROHORT - **Programa brasileiro de Modernização do Mercado de Hortigranjeiro.** Média mensal dos preços. Disponível em. <https://www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeirosprohort>. Acesso em: 12 de dezembro de 2020.

CUENCA, M. A. G. Aspectos econômicos. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2008, 356 p.

FOLEY, J. A. *et al.* Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, 2019.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, **Produção Agrícola Municipal 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em 20 de nov. de 2020.

JAYAKUMAR, M. *et al.* Effect of drip fertigation and polythene mulching on growth and productivity of coconut (*Cocos nucifera* L.), water, nutrient use efficiency and economic benefits. **Agriculture Water Manag**, v. 182, p.87–93, 2017.

KHANDEKAR, R. G. *et al.* Increase in productivity by fertigation technique in coconut. **Journal of the Indian Society of Coastal Agricultural Research**, v. 34, n. 1, p. 88-91, 2016.

LINS, P. M. P. **Avaliação agronômica de um sistema agroflorestal composto de progênies de cupuaçuzeiro e híbrido de coqueiro no município de Moju-Pa**. Tese de Doutorado. 122p. 2009.

LINS, P. M. P.; VIÉGAS, I. J. M. Adubação do coqueiro no Pará. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa *et al.* Eds. **Recursos hídricos em regiões áridas e Semiáridas**. Campinas Grande PB: Instituto Nacional do Semiárido, p. 383-416, 2011.

MARTINS, C. R.; CUENCA, M. A. G. Panorama da produção e comércio mundial. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

MARTINS, D. *et al.* Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 649- 657, 2016.

MIRANDA, F. R. *et al.* Fertirrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. In: **A cultura do coqueiro no Brasil**, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

PEREIRA, R.M. *et al.* Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 149-157, 2015.

RODRIGUES, M. J. A. *et al.* Fauna edáfica em pastagens de *Brachiariabrizanthacv*. Marandu em sistema Silvipastoril com coqueiros: **Cadernos de Agroecologia**, v.11, n.2, 2016.

SEYEDABADI, E. *et al.* Online measuring of quality changes of banana slabs during convective drying. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.12, 2019.

SOMBOONSUKE, B. *et al.* Farmers' perceptions of impacts of climate variability on agriculture and adaptation strategies in Songkhla Lake basin. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, v. 39, 2018.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.* Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 177-188, 2012.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 1955. 104p.

YANG, D. *et al.* Effect of drip irrigation on wheat evapotranspiration, soil evaporation and transpiration in Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 232, n.1, 2020.