

ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE COCO *IN NATURA* E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM SANTA IZABEL DO PARÁ

ERMANO PRÉVOIR¹; JOAQUIM ALVES DE LIMA JUNIOR²; ITALO MARLONE GOMES SAMPAIO³; MARIA DO BOM CONSELHO LACERDA MEDEIROS⁴; PAULO MANOEL PONTES LINS⁵ E MARCOS AUGUSTO DE SOUZA GONÇALVES⁶

¹Departamento de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Avenida Barão de Capanema, S/Nº, no bairro Caixa D'água, 68700-665, Capanema, Pará, Brasil. E-mail:

permano89@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7845-5967>

² Departamento de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Avenida Barão de Capanema, S/Nº, no bairro Caixa D'água, 68700-665, Capanema, Pará, Brasil. E-mail:

joaquim.junior@ufra.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9003-7998>

³ Departamento de Ciências Agrárias, Instituto Federal do Amapá, Campus Agrícola, Br 210 Km 103, Rn, Retiro dos Pinhais, 68.997-000, Porto Grande, Amapá, Brasil. Email: italo.sampaio@ifap.edu.br ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-0801-6408>

⁴ Departamento de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, terra firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil. E-mail:

melmedeirosagro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1364-6877>

⁵ Departamento de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, terra firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil. E-mail: paulom@sococo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0012-3460>

⁶Departamento de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, terra firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil. Email:

augustosouza717@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5507-5515>

1 RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a qualidade físico-química da água de coco *in natura* produzida em Santa Izabel do Pará (PA), sob diferentes estratégias de manejo hídrico-nutricional. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4×3, com tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa) e fertirrigação (100, 200 e 300% da recomendação de NPK+Mg), com três repetições. Determinaram-se pH, Sólidos Solúveis Totais (SST, °Brix) e condutividade elétrica (CE). A ANOVA indicou interação significativa entre fertirrigação e tensão de água no solo ($p > 0,005$). A amplitude das variações foi pequena, sem comprometimento da qualidade global da água de coco. O pH variou de 5,22 a 5,59, mantendo-se dentro do intervalo estabelecido pela legislação brasileira (IN MAPA nº 9/2020). Os SST variaram de 6,35 a 7,04 °Brix, com valores superiores ao mínimo regulatório. A CE variou de 5,95 a 7,11 mS cm⁻¹. Conclui-se que doses elevadas de fertirrigação não implicam melhoria proporcional dos atributos físico-químicos.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L., condutividade elétrica, pH, fertirrigação, tensão de água no solo.

PRÉVOIR, E.; LIMA JUNIOR, J. A. D.; SAMPAIO, I. M. G.; MEDEIROS, M. D. B. C. L.; LINS, P. M. P.; GONÇALVES, M. A. D. S.

QUALITY ASSESSMENT OF FRESH COCONUT WATER AND ITS PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS IN SANTA IZABEL, PARÁ, BRAZIL

2 ABSTRACT

This study aimed to analyze the physicochemical quality of fresh coconut water produced in Santa Izabel do Pará, Brazil, under different water–nutrient management strategies. The experiment followed a 4×3 factorial design combining water tension levels (15, 30, 45, and 60 kPa) and fertigation rates (100, 200, and 300% of the recommended NPK+Mg), with three replications. The pH, total soluble solids (TSS), and electrical conductivity (EC) were measured. ANOVA revealed a significant interaction between fertigation and soil water tension ($p > 0.005$). The variation magnitude was limited and did not compromise overall product quality. The pH ranged from 5.22 to 5.59. The TSS ranged from 6.35 to 7.04 °Brix. The EC varied from 5.95 to 7.11 mS cm⁻¹.

Keywords: *Cocos nucifera* L., electrical conductivity, pH, fertigation, soil water tension.

3 INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma cultura perene de elevada relevância econômica em regiões tropicais. Seu valor agrônomo decorre da diversidade de produtos obtidos do fruto, incluindo óleo, copra, fibras e, especialmente, a água de coco (Medina et al., 2005; Costa et al., 2006). A água de coco corresponde ao endosperma líquido acumulado em frutos jovens. O consumo tem crescido tanto na forma *in natura* quanto industrializada. Essa expansão é impulsionada por seu perfil nutricional e sensorial. É uma bebida de baixo valor calórico, rica em eletrólitos como potássio, sódio, cálcio e magnésio, além de apresentar elevada aceitação organoléptica pelo consumidor (Costa et al., 2005; Brasil, 2020).

Entre os grupos varietais, as variedades anãs, especialmente o coqueiro-anão verde, assumem papel central na exploração comercial destinada à água de coco. Esse destaque resulta de características agrônomicas favoráveis. A cultura apresenta precocidade produtiva, florescimento regular, maior volume de água por fruto e menor espessura do endosperma sólido. Essas características estão associadas a melhor aceitação sensorial e maior competitividade do produto no mercado (Passos, Passos e Aragão, 2007).

Paralelamente, o consumo tem se expandido em grandes centros urbanos. A comercialização ocorre tanto por meio de bebidas envasadas quanto pela venda direta *in natura*. Esse cenário tem valorizado a cadeia produtiva e estimulado produtores a adotarem estratégias de manejo mais eficientes, com foco em qualidade e competitividade (Miranda et al., 2018).

No Brasil, o coqueiro ocupa aproximadamente 220,7 mil hectares. A maior concentração está no Nordeste, responsável por cerca de 87% da produção nacional (FAO, 2019). Entretanto, a região Norte tem ampliado sua participação. O estado do Pará consolidou-se como polo emergente e responde por aproximadamente 12,2% da produção do país (IBGE, 2019). Essa expansão é favorecida por condições edafoclimáticas do nordeste paraense. Predomina clima tropical úmido, elevada disponibilidade de radiação e solos de textura arenosa. Esses fatores permitem produção ao longo do ano quando associados a manejo hídrico e nutricional adequados (Cintra et al., 2009; Miranda et al., 2018).

Por outro lado, essas mesmas condições representam desafio técnico. A elevada pluviosidade, combinada à textura arenosa do solo, intensifica a lixiviação de nutrientes. Isso exige maior precisão no manejo da adubação, especialmente para

nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio. Esses elementos são essenciais para crescimento vegetal, fotossíntese, transporte de assimilados, regulação osmótica e formação do rendimento e qualidade dos frutos (Faquin, 2005; Câmara, 2016; Aviz, 2021).

Nesse contexto, práticas de irrigação e fertirrigação tornam-se estratégicas para o coqueiro-anão verde. A cultura apresenta produção contínua e demanda equilíbrio hídrico-nutricional ao longo do ciclo produtivo (Miranda et al., 2018). Evidências indicam que o manejo hídrico e nutricional influencia atributos físico-químicos da água de coco. Entre eles destacam-se sólidos solúveis totais (°Brix), pH, acidez titulável total e condutividade elétrica. Esses parâmetros estão diretamente associados à aceitação sensorial, estabilidade e valor de mercado do produto (Aragão et al., 2001; Silva et al., 2013; Barbosa et al., 2021; Araújo et al., 2022).

Déficits hídricos moderados podem alterar a relação entre concentração de solutos e volume de água no fruto. O excesso de água, por sua vez, pode promover diluição e afetar a percepção sensorial. Além disso, a fertilização mal sincronizada com a disponibilidade hídrica reduz a eficiência de absorção e redistribuição de nutrientes. Esse desequilíbrio repercute na composição do endosperma líquido (Ferreira Neto, 2005; Araújo et al., 2022). Apesar da importância do tema, ainda são escassos estudos regionais que caracterizem sistematicamente a qualidade físico-química da água de coco *in natura* no nordeste paraense, especialmente em cenários de intensificação do manejo.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água de coco *in natura*, com base em características físico-químicas, de frutos produzidos no município de Santa Izabel do Pará. Busca-se ainda gerar informações técnicas regionais que subsidiem práticas de manejo e contribuam

para o fortalecimento e a sustentabilidade da cadeia produtiva do coco.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Reunidas Sococo, no município de Santa Izabel do Pará, estado do Pará, Brasil (01°13'40,16" S; 48°02'54,35" W). O estudo foi realizado em cultivo comercial de coqueiro (*Cocos nucifera* L.), cultivar Anã Verde do Brasil, com oito anos de idade. O plantio foi estabelecido em espaçamento de 7,5 m em triângulo equilátero, ocupando área total de 1,34 ha. O período experimental compreendeu junho de 2022 a março de 2023.

O clima da região é classificado como AFi (tropical úmido), segundo Köppen. A área apresenta elevada pluviosidade anual, com precipitação média entre 2.500 e 3.000 mm. Durante o período experimental, registrou-se temperatura média de 27 °C e umidade relativa média de 78%. A amplitude térmica é baixa, característica do nordeste paraense. O relevo é plano a suavemente ondulado, favorecendo a uniformidade do manejo hídrico e nutricional. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico, com textura arenosa e coloração amarelada ao longo do perfil, conforme classificação da Embrapa (2008).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 × 3, com três repetições. Foram avaliados 12 tratamentos, totalizando 36 unidades experimentais. O uso do DBC visou controlar a variabilidade espacial da área, associada a gradientes naturais de solo e umidade, mesmo sob manejo agrícola uniforme.

A variável de bloqueio foi a posição das parcelas no talhão experimental. Considerou-se a orientação da área e a homogeneidade edáfica relativa dentro de cada bloco. Os blocos foram estruturados

como faixas paralelas, cada uma contendo todas as combinações de tratamentos. Esse arranjo garantiu maior homogeneidade interna e redução do erro experimental.

A casualização dos tratamentos foi realizada independentemente em cada bloco por sorteio aleatório, utilizando o software R (RStudio). Cada combinação de níveis ocorreu uma única vez por bloco. A lista de tratamentos randomizados definiu a disposição das parcelas em campo. Foram respeitadas a contiguidade física das unidades experimentais e a identificação permanente das plantas. Esses procedimentos minimizaram efeitos de bordadura e asseguraram rastreabilidade durante todo o experimento. A randomização foi registrada e arquivada para conferência posterior e reprodutibilidade do delineamento.

O primeiro fator experimental correspondeu a quatro níveis de manejo hídrico, definidos por tensões de água no solo de 15, 30, 45 e 60 kPa. O monitoramento foi realizado por sensores instalados na zona radicular. O segundo fator

correspondeu a três níveis de fertilização: 100%, 200% e 300% da recomendação de NPK+Mg. A aplicação foi realizada via fertirrigação (Tabela 1).

Cada unidade experimental foi composta por 18 plantas dispostas em fileiras duplas. As seis plantas centrais constituíram a parcela útil. As demais foram utilizadas como bordadura para reduzir efeitos de borda.

A irrigação foi realizada por sistema de microaspersão, com um emissor por planta. A fertirrigação foi aplicada durante seis meses ao longo do ano, conforme os tratamentos. O manejo nutricional foi ajustado com base em análises foliares, visando atender às exigências da cultura em cada nível de fertilização.

As doses de nutrientes aplicadas via fertirrigação estão apresentadas na Tabela 1. Os valores foram expressos em kg ha⁻¹ e calculados com base em recomendações técnicas para a cultura do coqueiro, considerando fontes de N, P₂O₅, K₂O e Mg (Lins & Viegas, 2008).

Tabela 1. Doses de nutrientes aplicados via fertirrigação em g planta⁻¹ ano⁻¹

Fertirrigação	Nutrientes			
	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	Mg
100%	657,22	745,5	371,94	830,55
200%	1.314,44	1.491	743,88	1.661,1
300%	1.971,66	2.236,5	1.115,82	2.491,65

Fonte: Autores (2026).

A coleta dos frutos foi realizada por amostragem aleatória simples. As plantas dentro da parcela útil foram selecionadas por sorteio manual. Foram coletados nove frutos por unidade experimental, a cada 21 dias. A colheita ocorreu em cachos com aproximadamente sete meses após a abertura da inflorescência. O procedimento foi realizado entre 6h00 e 8h00 da manhã, período de menor variação térmica.

Após a colheita, os frutos foram transportados ao laboratório interno da empresa. A extração da água de coco foi

realizada *in natura*, utilizando faca de aço inoxidável previamente higienizada. O líquido foi filtrado e acondicionado em frascos de polietileno de grau laboratorial com 100 mL de capacidade. Os frascos foram previamente lavados, sanitizados e secos, com fechamento hermético, a fim de evitar contaminação cruzada.

As amostras foram armazenadas em freezer a -18°C. Essa temperatura é considerada adequada para preservação das características físico-químicas, sem interferência significativa nos parâmetros

analisados. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica com bolsas de gelo. A temperatura interna foi mantida abaixo de 10°C durante o transporte até o Laboratório CTA – Centro de Tecnologia Agropecuária da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). O deslocamento teve duração aproximada de 50 minutos.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme os métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008). A determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) foi efetuada com refratômetro analítico INTRUTHERM® (modelo RT-90 ATC). O equipamento possui compensação automática de temperatura e foi calibrado com água destilada antes das medições. O °Brix foi adotado como indicador da concentração de solutos, conforme a Instrução Normativa nº 9/2020.

A condutividade elétrica (CE) foi determinada a partir de 10 mL de amostra previamente homogeneizada. Utilizou-se condutivímetro LUTRON® (modelo CD-4301), calibrado com soluções padrão. As leituras foram realizadas após estabilização do sinal, com compensação automática de temperatura. Os resultados foram expressos em mS cm^{-1} .

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado pelo método do potenciométrico. Utilizou-se pHmetro LUCADAMA® (modelo mPA210), calibrado com soluções tampão pH 4,0; 7,0 e 10,0, conforme o Método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). As medições foram realizadas com controle de temperatura. Todas as análises foram

conduzidas em triplicata, com três leituras por amostra. Valores atípicos foram verificados e, quando necessário, as análises foram repetidas para garantir confiabilidade dos dados.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento experimental adotado. Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram previamente verificados. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio. Foram calculados parâmetros complementares, incluindo erro padrão das médias e coeficiente de variação (CV%), para avaliação da precisão experimental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos refletem o efeito combinado do manejo hídrico e nutricional sobre os parâmetros físico-químicos da água de coco. A análise de variância (ANOVA) indicou interação significativa entre fertirrigação (F) e tensão de água no solo (T) para todas as variáveis avaliadas (pH, °Brix e condutividade elétrica). Esse resultado confirma que a resposta dos parâmetros físico-químicos depende da combinação entre fatores. Os dados médios encontram-se nas Tabelas 2 e 3, e nas Figuras 1 a 3.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), Sólidos Solúveis Totais (SST) e condutividade elétrica (CE), em função dos níveis de fertirrigação e tensões de água no solo.

Fator de variação	GL	Teste F		
		pH	CE	SST
			mS.cm ⁻¹	°Brix
Blocos	2	0.21ns	0.40ns	0.63ns
Fertirrigação (F)	2	103.32***	16.35***	12.75***
Tensões (T)	3	239.85***	47.25***	11.67***
F x T	6	343.26***	25.60***	21.52***
Resíduos	22	-	-	-
Total	35			
CV%		0.19%	1.68%	1.05%

***= p>0,001; ns= não significativo; CV= coeficiente de variação; GL= grau de liberdade.

Fonte: Autores (2026).

O pH da água de coco variou de 5,32 a 5,59 (Tabela 3; Figura 1). Essa faixa é compatível com valores reportados para água de coco fresca e caracteriza bebida de baixa acidez. O teste de Tukey (5%) evidenciou diferenças dentro de cada tensão hídrica.

Sob 15 kPa, ocorreu gradiente completo entre doses (100% > 200% > 300%). O maior valor foi observado em 100% × 15 kPa (5,593 ± 0,01). O menor ocorreu em 300% × 15 kPa (5,323 ± 0,003). Em 30 kPa, a hierarquia foi alterada. O

menor pH do experimento ocorreu em 200% × 30 kPa (5,220 ± 0,006). Esse valor foi inferior aos demais níveis de fertilização.

Em 45 kPa, o pH máximo foi registrado em 300% × 45 kPa (5,547 ± 0,007). Esse tratamento diferiu dos demais. O menor valor nessa tensão ocorreu em 100% × 45 kPa (5,327 ± 0,007). Em 60 kPa não houve diferença entre doses. Todas as médias apresentaram a mesma letra minúscula (Tabela 3). Esse padrão sugere estabilização do pH sob maior restrição hídrica.

Tabela 3. pH, Sólidos Solúveis Totais (SST) e Condutividade Elétrica (CE) da água de coco in natura (média ± erro-padrão, EP) em função da interação entre níveis de fertirrigação (F) e tensões de água no solo (T).

Fertirrigação/ Tensão	15 kPa	30 kPa	45 kPa	60 kPa
pH				
100% NPK+Mg	5,593 ± 0,01 aA	5,397 ± 0,009 aB	5,327 ± 0,007 cC	5,390 ± 0,010 aB
200% NPK+Mg	5,377 ± 0,003 bC	5,220 ± 0,006 cD	5,473 ± 0,003 bA	5,400 ± 0,006 aB
300% NPK+Mg	5,323 ± 0,003 cD	5,367 ± 0,003 bC	5,547 ± 0,007 aA	5,413 ± 0,007 aB
SST				
100% NPK+Mg	6,57 ± 0,03 aB	6,70 ± 0,00 aB	6,53 ± 0,03 bB	7,04 ± 0,07 aA
200% NPK+Mg	6,60 ± 0,00 aB	6,35 ± 0,03 bC	6,77 ± 0,03 aA	6,67 ± 0,03 bA
300% NPK+Mg	6,70 ± 0,06 aA	6,80 ± 0,06 aA	6,80 ± 0,00 aA	6,63 ± 0,03 bA
CE				
100% NPK+Mg	6,820 ± 0,025 aA	6,277 ± 0,064 bB	6,027 ± 0,038 bB	6,907 ± 0,104 aA
200% NPK+Mg	6,603 ± 0,007 bA	6,733 ± 0,048 aA	6,307 ± 0,058 aB	6,813 ± 0,079 aA
300% NPK+Mg	6,020 ± 0,036 cB	6,030 ± 0,032 cB	6,557 ± 0,099 aA	6,833 ± 0,083 aA

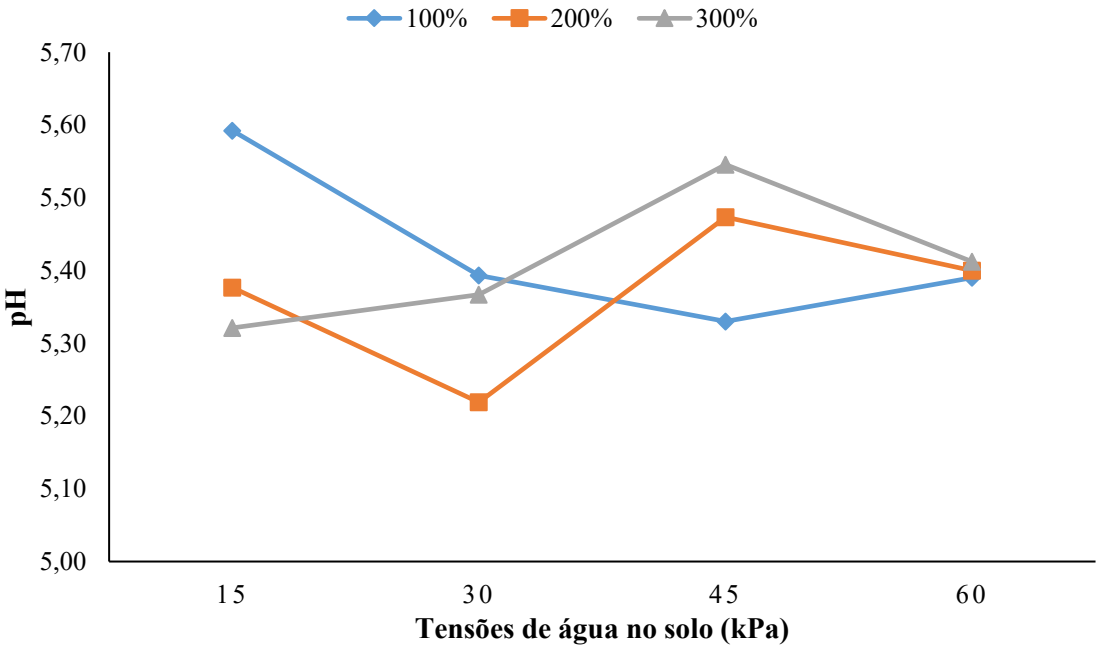
Médias com letras diferentes na coluna (minúscula) e na linha (Maiúscula) diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2026).

O comportamento observado confirma ausência de tendência monotônica com aumento de dose ou tensão. A resposta

do pH depende do regime hídrico. Esse padrão explica a interação $F \times T$ observada (Figura 1).

Figura 1. pH em função dos níveis de fertirrigação NPK+Mg (100, 200 e 300 %) e tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa)



Fonte: Autores (2026).

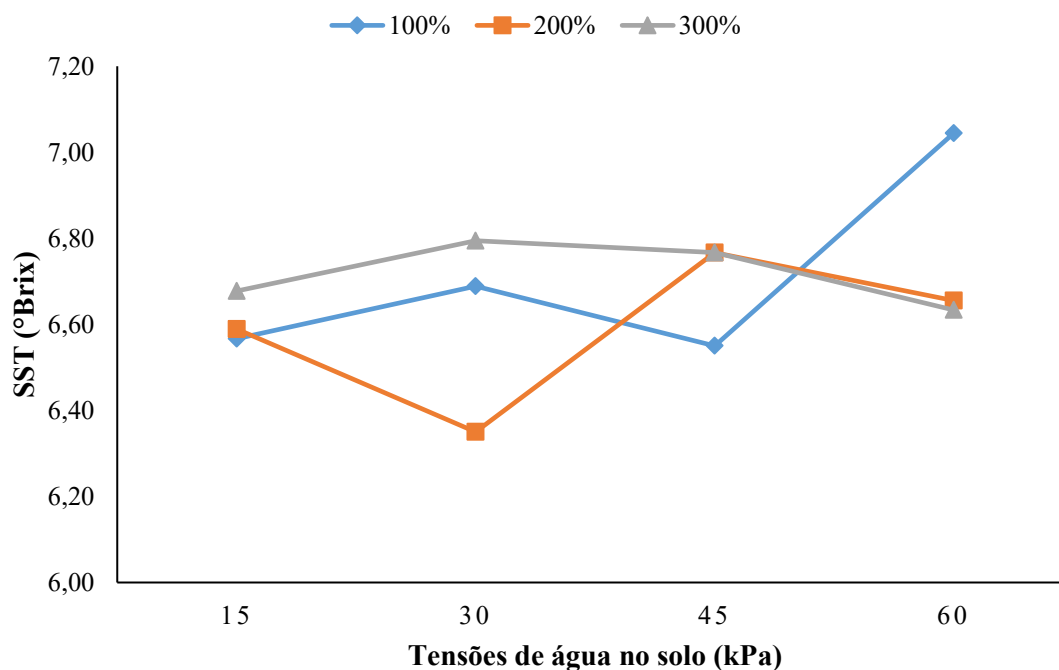
Todos os valores medidos atenderam ao padrão brasileiro para água de coco processada. A legislação estabelece intervalo de pH entre 4,0 e 6,5 (Brasil, 2020). Portanto, nenhuma combinação de manejo comprometeu a conformidade do produto.

O pH é indicador central da qualidade sensorial e microbiológica. Valores próximos a 5,5 são considerados ideais, pois equilibram doçura e acidez. Também reduzem riscos de deterioração microbiológica. Os resultados obtidos concordam com estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, que reportam pH entre 4,8 e 5,9 (Vasconcelos et al., 2015; Lima et al., 2015; Mendonça et al., 2020).

A estabilidade observada sugere baixa sensibilidade do pH a variações moderadas de fertirrigação e manejo hídrico. O controle desse parâmetro parece fortemente associado ao estágio fisiológico do fruto. Esse comportamento foi previamente descrito por Aragão et al. (2001) e Imaizumi et al. (2016).

Além da acidez, a qualidade da água de coco está diretamente associada ao teor de sólidos solúveis totais, que refletem o conteúdo de açúcares e solutos dissolvidos. Os valores de Sólidos Solúveis Totais (SST, °Brix) variaram de 6,35 a 7,04 (Tabela 3; Figura 2). O maior valor foi registrado em 100% NPK+Mg sob 60 kPa ($7,04 \pm 0,07$ °Brix). O menor ocorreu em 200% sob 30 kPa ($6,35 \pm 0,03$ °Brix).

Figura 2. Sólidos Solúveis Totais (°Brix) em função dos níveis de fertirrigação NPK+Mg (100, 200 e 300 %) e tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa).



Fonte: Autores (2026).

O teste de Tukey (5%) confirmou ausência de padrão único de resposta. Em 15 kPa não houve diferença entre doses. Em 30 kPa, a dose 200% resultou em SST inferior a 100% e 300%. Em 45 kPa, as doses 200% e

300% superaram 100%. Em 60 kPa ocorreu o inverso, com 100% superior às demais doses. Esse comportamento indica que os SST são modulados por combinações específicas de manejo hídrico-nutricional. A

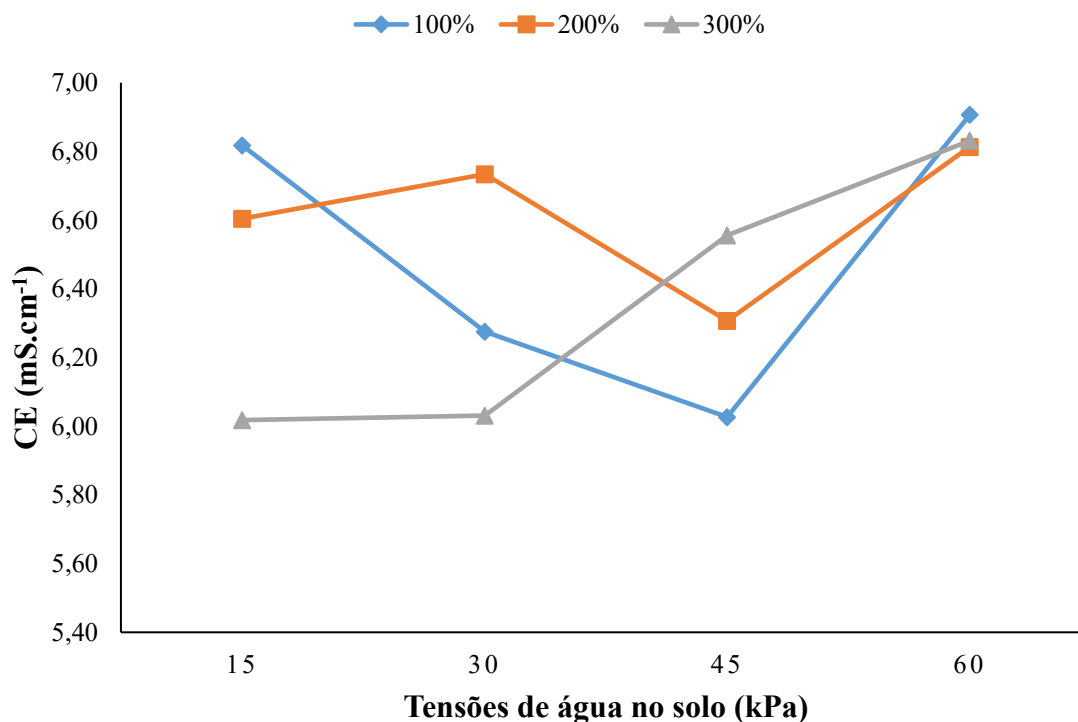
resposta não depende exclusivamente do aumento da fertilização (Figura 2).

Todos os valores de Sólidos Solúveis Totais (SST) observados neste estudo foram superiores ao limite mínimo de 4,0 °Brix estabelecido pela Instrução Normativa MAPA nº 9/2020 para água de coco, evidenciando um produto com doçura adequada ao consumo. Os SST estão diretamente relacionados à percepção sensorial, pois representam predominantemente a concentração de açúcares dissolvidos, de modo que as médias obtidas (6,6–6,8 °Brix) indicam perfil sensorial desejável. Essa interpretação é corroborada por Silva et al. (2013), que destacam a relação entre SST e qualidade sensorial da água de coco. De forma semelhante, Martins et al. (2018) relatam que frutos destinados ao consumo, com idade entre seis e sete meses, geralmente apresentam valores próximos de 6 °Brix, em razão da predominância de glicose, frutose e sacarose, enquanto Aroucha et al. (2014)

observaram que cultivares anãs acumulam açúcares redutores ainda em frutos verdes, conferindo sabor naturalmente adocicado. Do ponto de vista fisiológico, os resultados refletem o balanço entre acúmulo de solutos e diluição pelo volume de água no fruto, uma vez que o manejo hídrico pode influenciar o °Brix por efeito de diluição, conforme descrito por Azevedo et al. (2006). Entretanto, no presente estudo, essa resposta não foi uniforme entre os tratamentos, indicando que a concentração de SST depende da interação entre disponibilidade hídrica e fertilização, conforme evidenciado pela interação significativa entre os fatores avaliados.

Outro parâmetro relevante para caracterização da qualidade é a condutividade elétrica, que expressa a concentração total de eletrólitos dissolvidos. A condutividade elétrica (CE), assim como pH e SST, apresentou interação significativa entre fertirrigação (F) e tensão de água no solo (T) (Tabela 2; Figura 3).

Figura 3. Condutividade elétrica ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) em função dos níveis de fertirrigação NPK+Mg (100, 200 e 300 %) e tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa).



Fonte: Autores (2026).

A condutividade elétrica (CE) variou de 5,95 a 7,11 mS cm⁻¹, com médias entre 6,02 e 6,91 mS cm⁻¹ (Tabela 3). A análise da interação entre fertirrigação e tensão de água no solo indicou ausência de resposta linear aos fatores avaliados, evidenciando dependência da combinação entre manejo hídrico e nutricional. O maior valor foi observado em 100% × 60 kPa (6,91 ± 0,10 mS cm⁻¹), enquanto o menor ocorreu em 300% × 15 kPa (6,02 ± 0,04 mS cm⁻¹). De acordo com o teste de Tukey (5%), sob 15 kPa a CE diminuiu com o aumento da dose de fertilização (100% > 200% > 300%), ao passo que, em 30 kPa, a dose de 200% apresentou os maiores valores. Em 45 kPa, a dose de 300% resultou em CE superior às demais, enquanto em 60 kPa não foram observadas diferenças significativas entre os níveis de fertilização. Esses resultados confirmam que a resposta da CE deve ser interpretada com base no desdobramento da interação F × T, uma vez que os efeitos da fertirrigação variam em função da disponibilidade hídrica do solo (Figura 3).

Do ponto de vista fisiológico, a condutividade elétrica (CE) expressa a concentração total de eletrólitos dissolvidos no endosperma líquido, refletindo o equilíbrio entre o acúmulo de solutos e a diluição pelo volume de água do fruto. Em condições de maior disponibilidade hídrica (15 kPa), o aumento do fluxo de água pode favorecer a diluição relativa dos íons, resultando em menores valores de CE em determinadas combinações de manejo. Por outro lado, sob tensões moderadas a elevadas (30–60 kPa), o incremento da CE pode estar associado à maior concentração de solutos decorrente de mecanismos de ajuste osmótico, pelos quais as plantas acumulam compostos osmoticamente ativos para manutenção do turgor celular em condições de restrição hídrica, conforme descrito por Taiz et al. (2017). Os valores observados foram compatíveis com aqueles relatados por Ferreira et al. (2007),

indicando composição mineral equilibrada da água de coco e ausência de indícios de salinização excessiva. Além disso, a ausência de uma tendência consistente entre CE e níveis de fertirrigação sugere que a composição iônica da água de coco é regulada predominantemente por mecanismos fisiológicos da planta, sendo também influenciada pelo estágio de maturação dos frutos e pelas condições climáticas sazonais, conforme relatado por Câmara et al. (2021) e Kannangara et al. (2018).

Embora a interação F × T tenha sido estatisticamente significativa, não houve tratamento consistentemente superior em qualidade físico-química. Todas as combinações mantiveram pH, SST e CE em faixas adequadas ao consumo. Os resultados indicam elevada estabilidade da qualidade sob diferentes cenários hídricos e nutricionais.

6 CONCLUSÕES

De forma integrada, os resultados indicam que a água de coco *in natura* produzida nesta pesquisa em Santa Izabel do Pará apresentou qualidade físico-química adequada para consumo. Os valores de pH (5,22–5,59), Sólidos Solúveis Totais (6,33–7,03 °Brix) e condutividade elétrica (6,02–6,91) mantiveram-se em faixas compatíveis com padrões sensoriais e tecnológicos, atendendo aos critérios normativos aplicáveis.

A interação entre fertirrigação e tensão de água no solo gerou diferenças estatísticas. Contudo, a magnitude das variações foi pequena e não comprometeu a qualidade global do produto. Nenhuma combinação específica de manejo se destacou como superior em qualidade físico-química.

Os resultados indicam estabilidade da água de coco em toda a faixa

experimental (15–60 kPa; 100–300% NPK+Mg). Essa amplitude evidencia margem de manejo segura para a produção comercial na região estudada.

Doses elevadas de fertirrigação não resultam em melhoria proporcional da qualidade. Estratégias de manejo hídrico-nutricional equilibradas podem ser adotadas sem prejuízo do produto final. Essa abordagem favorece eficiência produtiva e sustentabilidade da cadeia do coqueiro.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa; à Fazenda Reunidas Sococo pelo apoio logístico e operacional durante a condução do experimento; à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte institucional; e ao Grupo de Estudos Engenharia da Água e Solo da Amazônia (GEEASA) pelo incentivo científico e apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

8 REFERÊNCIAS

ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. O. **Água-de-coco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001.

ARAÚJO, B. D. A. et al. Sustained deficit irrigation on yield and fruit water quality of dwarf green coconut. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 11, p. 1-8, 2022.

AROUCHA, E. M. M. et al. Análise físico-química e sensorial de água-de-coco em função do estágio de maturação das cultivares de coco anão verde e vermelho. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 33-38, 2014.

AVIZ, W. L. C. **Produção de coco verde (Cocos nucifera L.) submetido ao manejo de irrigação por tensiometria e fertirrigação**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

AZEVEDO, B. M. et al. Efeito da frequência de irrigação na qualidade de frutos do coqueiro anão. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 280-292, 2006.

BARBOSA, H. P.; BARBOSA DE LIMA, C. U. G.; COSTA, A. J.; CARDOSO, A. L. N. F. G.; DIAS, P. V. S.; BARBOSA, E. U. G. Análise física e química de águas de coco industrializadas e *in natura* comercializadas no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 8, n. 18, p. 341-351, 2021. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081822](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081822).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 9, de 30 de janeiro de 2020**. Estabelece os padrões de identidade e qualidade da água de coco. Brasília, DF: MAPA, 2020.

CÂMARA, F. M. M. **Fenologia, produção e qualidade da água de coqueiro anão sob adubação potássica no Oeste Potiguar**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

CÂMARA, F. M. M. et al. Harvest timing and potassium doses on post-harvest quality of dwarf-green coconut water. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 12, e3129, 2021.

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; LEAL, M. L. S.; PORTELA, J. C. Efeito de volumes de água de irrigação no regime

hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1041-1051, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO. **FAOSTAT: Crops and Livestock Products Database**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S.; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade de fruto de coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2007.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 10 ago. 2023.

IMAIZUMI, V. M.; BRUNELLI, L. T.; SARTORI, M. M. P.; VENTURINI FILHO, W. G. Análise físico-química e energética de água de coco *in natura* e industrializada. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 3, p. 298-304, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n3p298-304>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KANNANGARA, A. C.; CHANDRAJITH, V. G. G.; RANAWEERA, K. K. D. S. Comparative analysis of coconut water in four different maturity stages. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 7, n. 5, p. 1814-1817, 2018.

LIMA, S. A. J.; MACHADO, A. V.; CAVALCANTI, M. T.; ARAÚJO, D. R. Caracterização físico-química da qualidade da água de coco anão verde industrializada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2015.

LINS, P. M. P.; VIÉGAS, I. J. M. **Adução do coqueiro no Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

MARTINS, C. R.; FONTES, H. R.; ARAGÃO, W. M. Colheita, armazenamento e transporte. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 15.

MENDONÇA, L. P.; MELO, E. C. C.; MACEDO, R. C. B. S.; FREIRE, B. C. F.; SANTANA, F. E. O.; SOARES, K. M. P. Caracterização microbiológica, físico-química e de rotulagem de águas de coco envasadas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, e273985299, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5299>.

MIRANDA, F. R.; NOGUEIRA, L. C.; AMORIM, J. R. A. Fertirrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **A cultura do**

coqueiro no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 12.

PASSOS, C. D.; PASSOS, E. E. M.; ARAGÃO, W. M. **Floração e frutificação de três cultivares de coqueiro anão.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007.

SILVA, L. R.; BARRETO, N. D. S.; MENDONÇA, V.; BRAGA, T. R. Características físicas e físico-químicas da água de frutos de coqueiro anão verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 1022-1032, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.3895/S1981-36862013000200002>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VASCONCELOS, B. M. F.; OLIVEIRA, V. N. S.; SILVA, I. B. M.; SOARES, S. E.; COSTA FILHO, G. D.; VAEZ, J. R. Qualidade físico-química da água de coco comercializada por ambulantes no município de Mossoró, RN. **Blucher Chemistry Proceedings**, São Paulo, v. 3, n. 1, nov. 2015.