



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS SOCIAIS E AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGROINDÚSTRIA

JOSEILDO GOMES DE FRANÇA

**APLICAÇÃO DE ÁCIDO HÚMICO NA QUALIDADE DE RAÍZES DE
BETERRABA CULTIVADA SOB ESTRESSE SALINO**

BANANEIRAS-PB

2023

JOSEILDO GOMES DE FRANÇA

**APLICAÇÃO DE ÁCIDO HÚMICO NA QUALIDADE DE RAÍZES DE
BETERRABA CULTIVADA SOB ESTRESSE SALINO**

TCC apresentado à Coordenação do
Curso de Graduação em Bacharelado em
Agroindústria da Universidade Federal da
Paraíba, em atendimento às exigências
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Agroindústria.

Orientador: Prof. Dr. Diego Silva Batista

Coorientadora: Dr^a. Juliane Maciel Henschel

BANANEIRAS-PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F815aa França, Joseildo Gomes de.

Aplicação de ácido húmico na qualidade de raízes de
beterraba cultivada sob estresse salino / Joseildo
Gomes de França. - Bananeiras, 2023.
31 f. : il.

Orientação: Diego Silva Batista.

Coorientação: Juliane Maciel Henschel.

TCC (Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Ácidos húmicos. 2. Beta vulgaris. 3. Estresse
salino. I. Batista, Diego Silva. II. Henschel, Juliane
Maciel. III. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 635.11

JOSEILDO GOMES DE FRANÇA

APLICAÇÃO DE ÁCIDO HÚMICO NA QUALIDADE DE RAÍZES DE
BETERRABA CULTIVADA SOB ESTRESSE SALINO

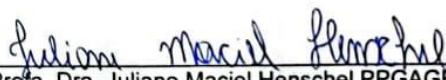
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Agroindústria, da Universidade Federal da Paraíba, em
atendimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em
Agroindústria.

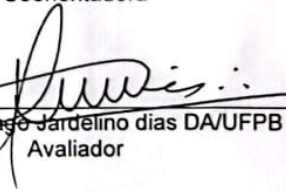
Resultado: APROVADO

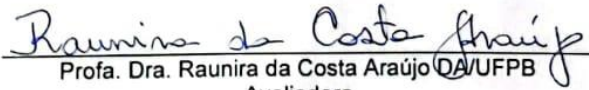
Data: 30/10/2023

Comissão Examinadora


Prof. Dr. Diego Silva Batista DA/UFPB
Orientador


Profa. Dra. Juliane Maciel Henschel PPGAGRO/UFPB
Coorientadora


Prof. Dr. Thiago Jardimino dias DA/UFPB
Avaliador


Profa. Dra. Raunira da Costa Araújo DA/UFPB
Avaliadora

BANANEIRAS – PB

À Deus. A minha mãe Norma Sueli,
Obrigado por todo amor e cuidado. Sem você eu nada seria.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter sido minha fortaleza e calmaria nas horas de incertezas, por sempre me guiar e ajudar na realização dos meus sonhos. Toda honra e glória dada a ti.

Aos meus pais, Norma Sueli e Lourival Paulo, por nunca medirem esforços para que eu alcançasse meus objetivos, por todo cuidado, amor e dedicação voltados a mim. Gostaria de agradecer em especial a minha mãe por todo amor, mesmo do seu jeito e saiba que todos meus esforços são dedicados a senhora, obrigada por ser minha força, te amo.

Aos meus familiares, a minha vó dona Sebastiana Basílio, a meu tio Luiz Gomes, a meu irmão José Lenival e a minha cunhada Luciana Davi, pelos incentivos para permanecer.

Meu agradecimento especial a minha amada namorada Agnne Mayara, por todo apoio, dedicação e ajuda, por sempre me fazer acreditar que sou capaz. Amo você.

A todos os meus amigos, que tornaram essa caminhada leve e descontraída, em especial a Pamela da Silva, Renaly Kaline, Apoená Urquiza, Edangerly Araújo, Sílvio Jackson, Felipe Moreira, Leon Thomaz, David da Silva, Danilo Salustiano e Rogério Almeida obrigado por sempre se fazerem presentes nessa etapa tão importante da minha vida.

A meu Orientador Prof. Dr. Diego Silva pela oportunidade, por todo apoio que se tornaram imprescindível para minha pesquisa. Que Deus continua abençoando sua vida. A minha coorientadora, Prof. Dr. Juliane Maciel gostaria de agradecer sua ajuda e disponibilidade, que foram de extrema importância para que a pesquisa obtivesse êxito. Muito obrigado.

Agradeço a banca composta pelo professor Dr. Thiago Jardelino e a professora Dra. Raunira da Costa, por fazerem parte da minha vida acadêmica sendo excelentes professoras, e por toda ajuda e contribuição neste trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba e o CCHSA por todo suporte durante esses anos da minha vida acadêmica.

E a todos que de alguma forma contribuíram para conclusão desse trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito”

(Charles Chaplin)

RESUMO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma planta de raiz comestível caracterizada por seu sabor adocicado e terroso, apesar de existirem outras cores, a coloração mais encontrada é vermelha – arroxeado intenso. Pode ser consumida cozida, utilizada em sucos, e até mesmo crua em saladas. A beterraba é uma das hortaliças mais consumidas no mundo inteiro, é abundante em nutrientes minerais, como o potássio, sódio, fósforo, cálcio, zinco, ferro e vitaminas como a provitamina A, vitaminas B1, B2, B3, B6 e C. Alguns vegetais detêm maior sensibilidade a fatores abióticos, como a salinidade que provoca estresse oxidativo nas plantas afetando assim negativamente sua produção e qualidade. Com intuito de mitigar esses efeitos negativos que a salinidade provoca, investiga-se o uso de atenuadores como estratégia para aumento de produção e também possibilitar o uso de águas salinas em regiões semiáridas. A utilização do ácido húmico pode diminuir os efeitos dos danos causados pela irrigação com água salina e ainda pode melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo. Assim, objetivou-se no presente trabalho avaliar a qualidade pós-colheita de beterraba cultivada sob irrigação com água salina e aplicação de ácidos húmicos. O experimento foi executado com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 (três concentrações de AH: 0, 38 e 76 mg L⁻¹; duas condições de salinidade: 80 mM NaCl e água). Foram realizadas análises de colorimetria, firmeza, teor de sólidos solúveis, determinação de açúcares totais, fenólicos totais e teor de betacianinas e betaxantinas. A salinidade reduziu a firmeza e o conteúdo de betaxantinas, mas aumentou o teor de sólidos solúveis, açúcares e betacianinas nas raízes de beterraba. Já o ácido húmico reduziu os teores de açúcares totais, betacianinas e betaxantinas nas raízes de beterraba. Com relação a colorimetria, as plantas estressadas apresentaram coloração mais próximas da tonalidade vermelho, também com maior saturação da cor (maior croma), enquanto o AH não afetou a coloração das raízes de beterraba. Assim, conclui-se que salinidade aumentou a qualidade das raízes, como evidenciado pelo maior conteúdo de açúcares e betalaínas e coloração mais avermelhada. Em contraste, a aplicação do AH reduziu ou não aumentou a qualidade das raízes, não sendo indicada para a produção de beterraba.

Palavras-chave: Ácidos húmicos. *Beta vulgaris*. Estresse salino.

ABSTRACT

Beetroot (*Beta vulgaris*) is an edible root plant characterized by its sweet and earthy flavor, although there are other colors, the most commonly found color is red – intense purplish. It can be consumed cooked, used in juices, and even raw in salads. Beetroot is one of the most consumed vegetables worldwide, it is abundant in mineral nutrients, such as potassium, sodium, phosphorus, calcium, zinc, iron and vitamins such as provitamin A, vitamins B1, B2, B3, B6 and C. Some vegetables are more sensitive to abiotic factors, such as salinity, which causes oxidative stress in plants, thus negatively affecting their production and quality. In order to mitigate these negative effects that salinity causes, the use of attenuators is being investigated as a strategy to increase production and also enable the use of saline waters in semi-arid regions. The use of humic acid can reduce the effects of damage caused by irrigation with saline water and can also improve the chemical, physical and biological conditions of the soil. Thus, the objective of the present work was to evaluate the post-harvest quality of beetroot cultivated under irrigation with saline water and application of humic acids. The experiment was carried out with a completely randomized experimental design in a 3 × 2 factorial scheme (three concentrations of HA: 0, 38 and 76 mg L⁻¹; two salinity conditions: 80 mM NaCl and water). Colorimetry, firmness, soluble solids content, determination of total sugars, total phenolics and betacyanins and betaxanthins were carried out. Salinity reduced firmness and betaxanthin content, but increased the content of soluble solids, sugars and betacyanins in beet roots. Humic acid reduced the levels of total sugars, betacyanins and betaxanthins in beet roots. Regarding colorimetry, the stressed plants showed color closer to the red tone, also with greater color saturation (higher chroma), while HA did not affect the color of beetroot roots. Thus, it is concluded that salinity increased the quality of the roots, as evidenced by the higher sugar and betalain content and redder color. In contrast, the application of HA reduced or did not increase root quality, and is not recommended for beet production.

Key-words: *Beta vulgaris*. Humic acid. Salt stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Firmeza de raiz, sólidos solúveis e teor de açúcares totais.....	23
Figura 2 – Betacianinas, betaxantinas.....	24
Figura 3 –Colorimetria.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 A cultura da beterraba.....	15
3.2 Estresse salino	15
3.3 Ácido húmicos na atenuação do estresse salino.....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 Local experimental e material vegetal.....	18
4.2 Irrigação salina e tratamentos com ácido húmico.....	18
4.3 Análise pós-colheita.....	18
4.3.1 Colorimetria.....	18
4.3.2 Determinação de firmeza.....	19
4.3.3 Teor de sólidos solúveis	19
4.3.4 Determinação de açúcares redutores e não-redutores.....	19
4.3.5 Determinação de fenólicos totais.....	20
4.3.6 Determinação do teor de betacianinas e betaxantinas.....	20
4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família Chenopodiaceae amplamente conhecida por suas raízes comestíveis (Ferreira, 2010; Clifford et al., 2015;). Trata-se de uma planta bianual, com boa produção de raízes em circunstâncias de outono/inverno (Fontes, 2005). A beterraba é uma das hortaliças mais abundantes em nutrientes minerais, como o potássio, sódio, fósforo, cálcio, zinco, ferro e vitaminas como a provitamina A, vitaminas B1, B2, B3, B6 e C Brasil (2014). Esses compostos desempenham um papel vital no funcionamento adequado do organismo, desde a saúde dos olhos e da pele até o metabolismo e a produção de energia (Gayardo, 2015).

Os extratos de frutas e vegetais que detêm atividade antioxidante são de grande interesse para a indústria de alimentos e cosmética, pois eliminam radicais livres que causam a oxidação de lipídios, provocando alterações sensoriais indesejáveis e sabor desagradável, reduzindo a vida útil dos produtos (Kujala, 2000). Dentre os compostos antioxidantes da beterraba, destacam-se as betalaínas, um grupo de pigmentos solúveis em água contendo nitrogênio que são compostas por duas unidades estruturais principais, as betacianinas e as betaxantinas (Kanner et al., 2001). A beterraba possui cerca de 32 betalaínas com alto potencial antioxidante catiônico e efeito anti-radical, possuem atividade anti-inflamatória e também anticancerígena (Wijesinghe, 2022).

A salinidade caracteriza-se pelo excesso de sais solúveis no solo ou água de irrigação, principalmente o sódio trocável, resultando no estresse salino e influenciando o desenvolvimento vegetal. Algumas culturas são mais tolerantes a salinidade que outras e podem absorver água em meio salino com menos dificuldade (Figueirêdo et al., 2009; Gervásio et al., 2000; Resende; Cordeiro, 2007; Silva et al., 2011). Dentre os efeitos do estresse salino na beterraba, destaca-se a drástica redução da produtividade que traz grandes prejuízos durante sua produção (Yolcu et al., 2021). Além disso, o estresse salino causa o estresse oxidativo que, apesar de reduzir a produtividade e alguns atributos pós-colheita, resulta em aumentos na capacidade antioxidante (Zhang et al., 2021).

Considerando os efeitos negativos do estresse salino sobre a produção e qualidade da beterraba, estratégias para mitigar a salinidade têm sido

investigadas. O uso de atenuadores do estresse salino representa uma boa estratégia para aumentar a produção, além de possibilitar a utilização de águas salinas na região semiárida, onde muitas fontes de água são salinizadas. Um exemplo de atenuadores são os ácidos húmicos.

Os ácidos húmicos são solúveis em meio alcalino e insolúveis em meio ácido diluído. São substâncias de coloração escura, compostas por macromoléculas de massa molecular relativamente alta, fabricadas por meio de reações de síntese secundárias por meio de resíduos orgânicos de plantas, animais e micro-organismos e desempenham papel importante no solo, melhoram características físicas, químicas e biológicas. Além de que, o ácido húmico pode aperfeiçoar a eficiência fotossintética das plantas, regulando vários metabólicos, hormonais, atividades bioquímicas, moleculares e fisiológicas (Shah et al., 2018).

A utilização do ácido húmico pode diminuir os efeitos dos danos causados pela irrigação com água salina, influenciando a fertilidade pela liberação de nutrientes, pela detoxificação de elementos químicos, pela evolução das condições físicas e biológicas que podem estimular o desenvolvimento radicular e na incitação das bombas de prótons o que pode ser um dos sinais iniciais da ação das substâncias húmicas na absorção de nutrientes pelas plantas (Canellas et al., 2000). Segundo o modelo apresentado por Ouni et al. (2014), a favor da aplicação de substâncias húmicas em solos salinos ocorre pelo comparecimento de Ca, Mg e K em sua composição. Esses sais mantêm os sítios de troca catiônica ativos, unindo-se com outros elementos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade pós-colheita da beterraba cultivada sob irrigação com água salina e aplicação de ácidos húmicos.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a colorimetria, firmeza, teor de sólidos solúveis, açúcares redutores e não-redutores, fenólicos totais, betacianinas e betaxantinas da beterraba cultivada sob estresse salino e aplicação de AH;
- Investigar o potencial dos AH na atenuação do estresse salino e na melhoria da qualidade pós-colheita da beterraba.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura da beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma dicotiledônea da família Chenopodiaceae. Trata-se de uma planta bienal, com uma melhor produção de raízes em condições de outono/inverno (Fontes, 2005). São três os tipos de beterraba: beterraba hortícola, ou de mesa, beterraba açucareira e beterraba forrageira, sendo que no Brasil a beterraba hortícola é cultivada comercialmente (Filgueira, 2008).

A beterraba tem abundância em carboidratos, fibras, proteínas, minerais como sódio, potássio, cálcio, ferro e vitaminas A, B₁, B₂, B₃, C e E (Hadipour et al., 2020; Ninfali; Angelino, 2013). Além disso, a beterraba possui uma grande quantidade de betalaínas, pigmentos que conferem coloração amarelo-alaranjada (betaxantinas) e vermelho-violeta (betacianinas) (Fu et al., 2020). Tais compostos nutricionais e bioativos conferem à beterraba ação antioxidante e anti-inflamatória (Hadipour et al., 2020). Adicionalmente, a beterraba é uma fonte abundante de nitrato, elevando a produção endógena de óxido nítrico, um potente vasodilatador que previne doenças cardiovasculares (Fu et al., 2020).

Assim, o consumo da beterraba é de extrema importância, pois garante grandes benefícios à saúde (Gayardo, 2015). Os benefícios de consumir a beterraba incluem a redução da pressão arterial, o combate ao envelhecimento celular e a redução do risco de alguns tipos de câncer pelo fato de ser um ótimo antioxidante natural (Bassi, 2014). Além dos benefícios à saúde humana, o alto potencial antioxidante das betalaínas, tornam a beterraba uma ótima alternativa para uso como corantes e aditivos naturais em alimentos processados (Domínguez et al., 2020).

3.2 Estresse salino

A salinidade pode ter como definição uma alta quantidade de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, modificando o desenvolvimento vegetal (Ribeiro et al., 2009). A água salina

provoca estresse osmótico nas plantas, diminui a disponibilidade hídrica, aumenta o fechamento estomático e reduz a captura de CO₂, danificando também o aparato fotossintético (Alves et al., 2011; Sá et al., 2015). Nos solos agricultáveis o problema da salinidade está diretamente ligado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o desenvolvimento vegetal desde a germinação, causando a redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (Farias, 2008). Os processos de crescimento das plantas são prejudicados pela presença de sais, ocorrendo modificações anatômicas e fisiológicas, como inibição da síntese de proteínas, desequilíbrio entre cátions, diminuição das taxas de fotossíntese e de respiração (Bissani et al. 2008).

Na beterraba, a irrigação com águas salinas de até 6 dS m⁻¹ tem sido relacionada com drásticas reduções na sua produção total e comercial (Silva et al., 2013). Entretanto, evidências sugerem que a salinidade pode aumentar a qualidade pós-colheita da beterraba, aumentando sua acidez titulável e sólidos solúveis totais devido à indução de mecanismos de defesa antioxidante em resposta ao estresse (Melo Filho, 2019). O estresse salino também tem sido relacionado ao aumento na produção de betalaínas em espécies como *Nicotiana tabacum*, *Disphyma australe*, *Salicornia fruticosa* e *Portulaca oleracea* (Li et al., 2019; Zhou et al., 2021). Todavia, os efeitos da salinidade sobre a produção de betalaínas em beterraba permanecem pouco elucidados.

Outro grupo de compostos bioativos que podem ser acumulados sob condições de estresse são os compostos fenólicos devido à sua atuação nos mecanismos de defesa (Yuan et al., 2010). Já o conteúdo de açúcares tende a ser menor sob estresse salino devido à inibição da fotossíntese e crescimento (Hozayn et al., 2020).

3.3 Ácidos húmicos na atenuação do estresse salino

Os ácidos húmicos (AH) compõem a maior parte das substâncias húmicas, são precipitados escuros, solúveis em ácidos minerais e solventes orgânicos. Tem alto peso molecular, capacidade de troca catiônica entre 350 e 500 cmol_c kg⁻¹, com origem na lignina, possuem elevado teor de ácidos

carboxílicos e significativas quantias de nitrogênio (Tan, 1993). Entre as vantagens do uso de ácidos AH destacam-se o aumento da fertilidade do solo pela liberação de nutrientes, melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, produção de substâncias fisiologicamente ativas, complexação com materiais possivelmente tóxicos às plantas e melhoramento na funcionalidade bioestimulante para as plantas (Santos et al., 2008).

Estudos relatam que o ácido húmico favorece o crescimento de plantas sob estresse salino (Álvarez-Méndez et al., 2022; Targino et al., 2023). Com isso, a necessidade de otimizar a produção de mudas tem estimulado pesquisadores a buscarem técnicas alternativas para reduzir os efeitos danosos da salinidade, assim, melhorando a produtividade e reduzindo os custos de produção através de técnicas adequadas desde a fase de mudas.

Os AH ativam diretamente vários processos fisiológicos que proporcionam o crescimento vegetal, notadamente do sistema radicular (Aguiar et al., 2008). Possuem origens diversas, apresentam em sua estrutura um grande número de anéis aromáticos, podendo ser divididos em diversas frações de acordo com o tamanho e características das moléculas presentes. Os itens usados para a fabricação comercial de substâncias húmicas em geral são minerais como leonardita, carvão, turfas, esterco e resíduos orgânicos humificados notoriamente obtidos para melhorar os resultados com vermicompostos (Rose, et al., 2014).

Uma maneira de se atenuar os efeitos do estresse hídrico é a utilização de ácidos húmicos (AH), um material resultante de fontes naturais e um dos derivados das substâncias húmicas, sendo estas melhoradoras de propriedades tanto para o solo quanto para a planta (Canellas et al., 2010; Piccolo, 1996;). O ácido húmico nas plantas produz uma ação semelhante à da auxina, estimulando a ação da enzima H^+ -ATPase, favorece a expansão celular a absorção de água e nutrientes e o comprimento da raiz (FAÇANHA et al., 2002; ROSA et al., 2009; SILVA et al., 2000;).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local experimental e material vegetal

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura da Universidade Federal da Paraíba, em Bananeiras, Paraíba. Foram utilizadas sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) do cultivar Fortuna (TopSeed®), foram semeadas em vasos de plástico com capacidade de 3,5 L. O substrato que foi utilizado é o substrato comercial MECPLANT® (MECPANT®, HORTA-1, Telêmaco Borba, Brasil), que é composto por casca de pinheiro bioativada, vermiculita e macro e micronutrientes. Em cada vaso foi adicionado 5 g de mistura granular de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK, 4-14-8).

4.2 Irrigação salina e tratamentos com ácido húmico

Todas as plantas foram irrigadas com água não salina até os dez dias após a semeadura (DAS). Após esse período, a irrigação foi realizada a cada dois dias, com duas condições de salinidade: água da torneira do abastecimento do campus (sem estresse) ou água salina na concentração de 80 mM de cloreto de sódio (NaCl). Além disso, a partir dos 10 DAS, foram aplicadas três concentrações de ácido húmico: 0 (água destilada – tratamento controle), 38 mg L⁻¹ e 76 mg L⁻¹. As aplicações de AH foram realizadas semanalmente, aplicando-se 50 mL das soluções por vaso. Ao final do experimento (60 DAS), as plantas foram colhidas e pesadas para a avaliação da produtividade, sendo congeladas para posterior determinação dos atributos de qualidade pós-colheita.

4.3 ANÁLISES PÓS-COLHEITA

4.3.1 Colorimetria

O aplicativo Android Colorimeter (Lab Tools) foi usado em um smartphone (Samsung galaxy S22) para determinar os parâmetros L* (luminosidade), a*

(vermelho para verde) e b^* (amarelo para azul). As medidas foram coletadas de três pontos na região equatorial das raízes.

4.3.2 Determinação de firmeza

Foi estimada utilizando um penetrômetro manual com ponteira de 8 mm de diâmetro, em três locais da região equatorial das raízes. Os valores obtidos foram expressos em Newton (N).

4.3.3 Teor de sólidos solúveis (%)

Após a trituração da amostra em multiprocessador, uma gota da polpa proveniente da trituração foi colocada em refratômetro (Instrutherm), com os resultados expressos em °Brix, segundo IAL (2008).

4.3.4 Determinação de açúcares redutores e não-redutores

Açúcares redutores ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ polpa) – a quantificação dos açúcares redutores foi realizada pelo método de ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (1959); O extrato foi preparado utilizando-se 1 g da polpa diluída em 50 mL de água destilada. Uma alíquota de 0,8 mL do extrato foi misturada a 0,7 mL de água e a 1,0 mL da solução de ácido dinitrosalicílico para obtenção das amostras, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 450 nm. Os açúcares não-redutores, foram calculados pela diferença de açúcares totais menos açúcares redutores. Para determinar açúcares totais ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ polpa), utilizou-se o método de antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). O extrato foi obtido através da diluição de 0,5 g de polpa em 100 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 200 μL do extrato, 800 μL de água destilada e 2,0 mL da solução de antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 8 minutos. A leitura das

amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.

4.3.5 Determinação de fenólicos totais

Foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin e Ciocalteau (1927). As leituras de absorbância foram realizadas em comprimento de onda de 760 nm e os resultados expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por grama de amostra.

4.3.6 Determinação do teor de betacianinas e betaxantinas

Foram determinadas por espectrofotômetro, de acordo com Castellar et al. (2003). O comprimento de onda utilizado para a quantificação de betacianinas foi de 535 nm, enquanto para as betaxantinas de 480 nm.

O conteúdo de betacianinas e betaxantinas, foi calculado através da Equação 1:

$$\text{Betax ou Betac [mg.100g}^{-1}\text{]} = (A \times DF \times MW \times V \times 100) / (\epsilon \times L \times SW)$$

(Equação 1)

A - Absorbâncias a 535 ou 480 nm;

FD - Fator de diluição;

MW - Peso molecular;

V - Volume do extrato;

ϵ - Coeficiente de extinção;

L - Largura da curva espectrofotômetro (1 cm);

SW - Massa da amostra (g).

Para as betacianinas, o coeficiente de extinção é de 60.000 L mol⁻¹ cm e PM = 550 g mol⁻¹. Para betaxantinas, o coeficiente de extinção é de 48.000 L mol⁻¹ cm e PM = 308 g mol⁻¹.

4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×2 (três concentrações de AH: 0, 38 e 76 mg L⁻¹; duas condições de salinidade: 80 mM NaCl e água), com seis unidades experimentais para cada tratamento. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo uma planta. A normalidade e a homogeneidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Diferenças estatisticamente significativas foram determinadas por análise de variância (teste F). As médias das variáveis significativas foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$). As análises foram realizadas com o software Genes (Cruz 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a análise de variância, não houve interações significativas entre os fatores de variação salinidade e ácido húmico (AH) para os resultados de firmeza de raízes, sólidos solúveis e açúcares totais. Entretanto, houve efeitos isolados da salinidade sobre tais variáveis, enquanto o ácido húmico afetou apenas os açúcares totais (Fig. 1). A salinidade reduziu a firmeza, mas aumentou o teor de sólidos solúveis e açúcares totais em raízes de beterraba (Fig. 1a, b e d). Já o ácido húmico afetou apenas os açúcares totais, sendo que a dose de 38 mg vaso⁻¹ reduziu os valores dessa variável (Fig. 1c).

Os resultados observados aqui corroboram o estudo de Melo Filho et al. (2019), que relataram que a salinidade aumentou o teor de sólidos solúveis nas raízes de beterraba. O estresse salino tem sido relacionado à redução dos teores de açúcares totais (Hozayn et al., 2020), porém, observou-se que a salinidade aumentou produção de açúcares totais nas plantas de beterraba irrigadas com água salina (80 mM NaCl). O ácido húmico acrescentado em solo de característica salina teve impacto positivo na produção de açúcares (Mosaad et al., 2022) e na firmeza de raízes de beterraba (Pires 2009), porém, nossos resultados indicaram que o AH reduziu os açúcares totais e não afetou a firmeza, reduzindo a qualidade das raízes.

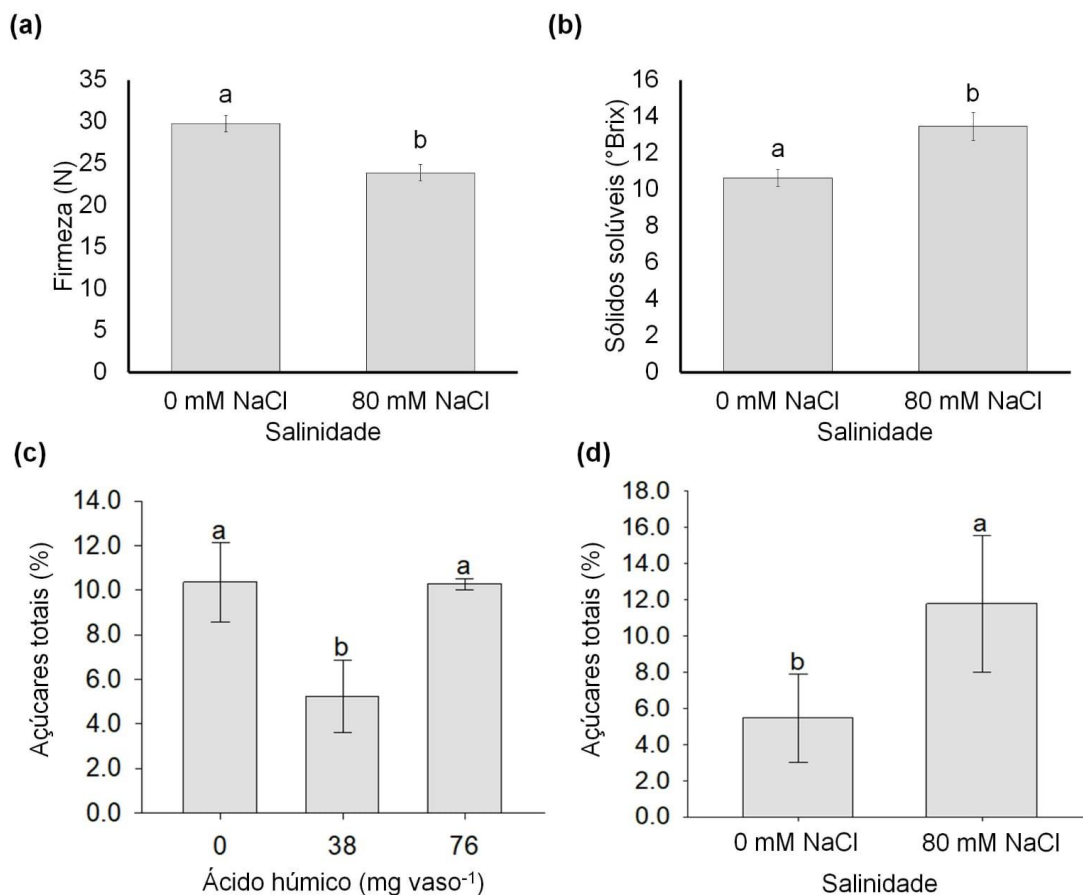


Figura 1. Firmeza de raiz, sólidos solúveis e teor de açúcares totais em raízes de beterraba cultivadas sob irrigação salina (80 mM NaCl) ou controle (0 mM NaCl), e pulverizadas com ácido húmico (0, 38 ou 76 mg vaso⁻¹). Barras representam médias $\pm$ erro padrão (n = 6). Valores com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Houve interações significativas entre a salinidade e o ácido húmico para as variáveis betacianinas e compostos fenólicos (Fig. 2a e d). Por outro lado, não houve interação entre os fatores de variação para o teor de betaxantinas, o qual foi afetado de forma isolada pela aplicação de ácido húmico e salinidade (Fig. 2b e c).

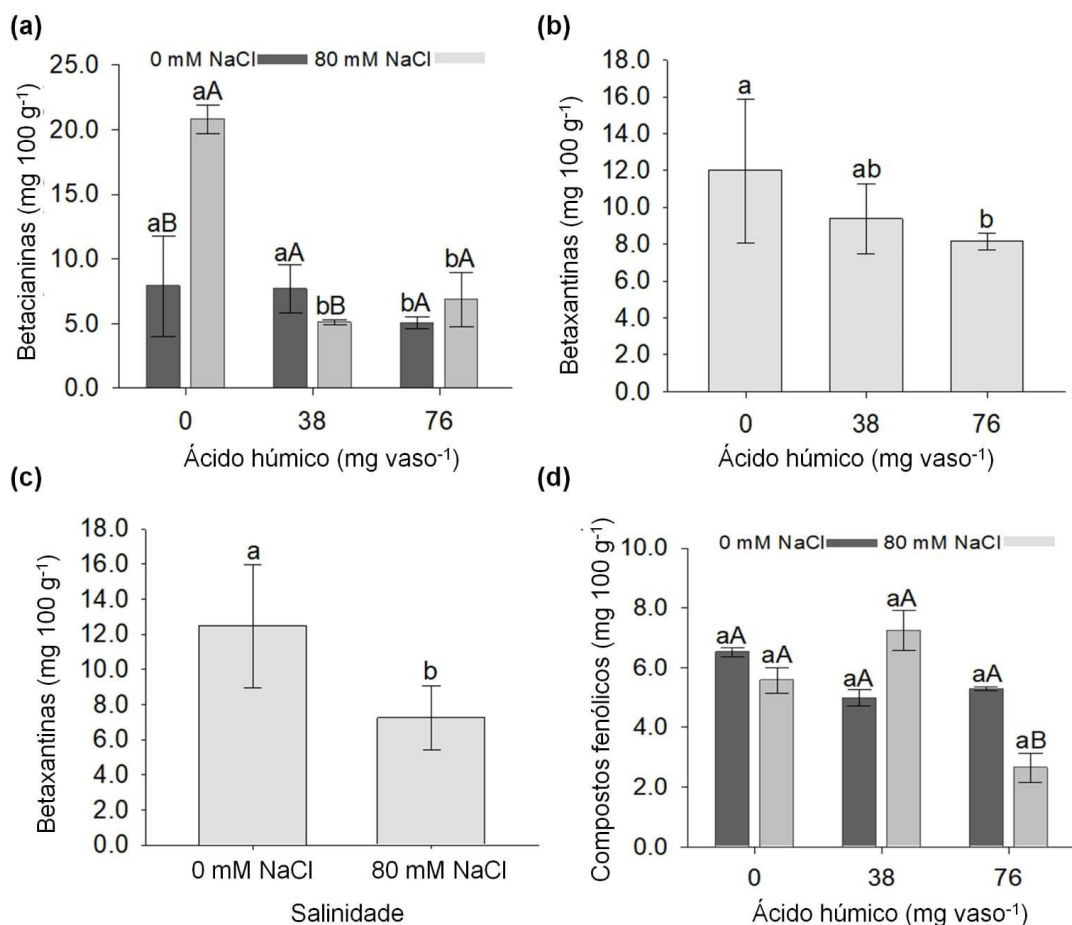


Figura 2. Betacianinas, betaxantinas e compostos fenólicos em raízes de beterraba cultivadas sob irrigação salina (80 mM NaCl) ou controle (0 mM NaCl), e pulverizadas com ácido húmico (0, 38 ou 76 mg vaso⁻¹). Barras representam médias $\pm$ erro padrão ($n = 6$). Valores com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Na ausência de estresse (0 mM NaCl), a concentração de 76 mg de AH por vaso reduziu o teor de betacianinas comparado ao controle e à concentração de 38 mg vaso⁻¹ (Fig. 2a). Por outro lado, sob irrigação salina, as duas concentrações de AH reduziram o teor de betacianinas. A salinidade, por sua vez, aumentou o conteúdo de betacianinas em plantas não tratadas com AH, mas reduziu quando combinada à concentração de 38 mg vaso⁻¹, e não afetou quando combinada à concentração de 78 mg vaso⁻¹. Houve uma redução de betaxantinas na concentração de 78 mg vaso⁻¹ do ácido húmico, não diferindo da concentração de 38 mg vaso⁻¹, que também não diferiu do controle (Fig. 2b).

A salinidade, por sua vez, reduziu o teor de betaxantinas comparado às plantas sem estresse. Na concentração de 76 mg, a salinidade reduziu o teor de compostos fenólicos, porém, não houve diferença nessa variável nas outras concentrações de AH (Fig. 2d).

O acúmulo de compostos fenólicos se torna maior em plantas sob condições de estresse (Yuan et al., 2010), também, o estresse salino pode ser responsável pelo aumento das betalainas (Li et al., 2019; Zhou et al., 2021). Tais resultados estão de acordo com os resultados observados aqui, onde a salinidade elevou o conteúdo de betacianinas, porém, a salinidade reduziu o teor de betaxantinas. Além disso, a salinidade combinada ao ácido húmico na concentração 76 mg por vaso reduziu a concentração de compostos fenólicos.

Com relação aos atributos de coloração, foi possível observar que a salinidade, independentemente do AH, resultou em raízes de beterraba mais avermelhadas que a condição não salina, conforme mostrado pela distribuição dos tratamentos no espaço cor, onde +NaCl encontra-se localizado mais próximo ao eixo $+a^*$ (Fig. 3a e b). Já os tratamentos sob condição não salina (-NaCl), foram distribuídos mais próximos ao eixo $+b^*$, que indica coloração amarelada.

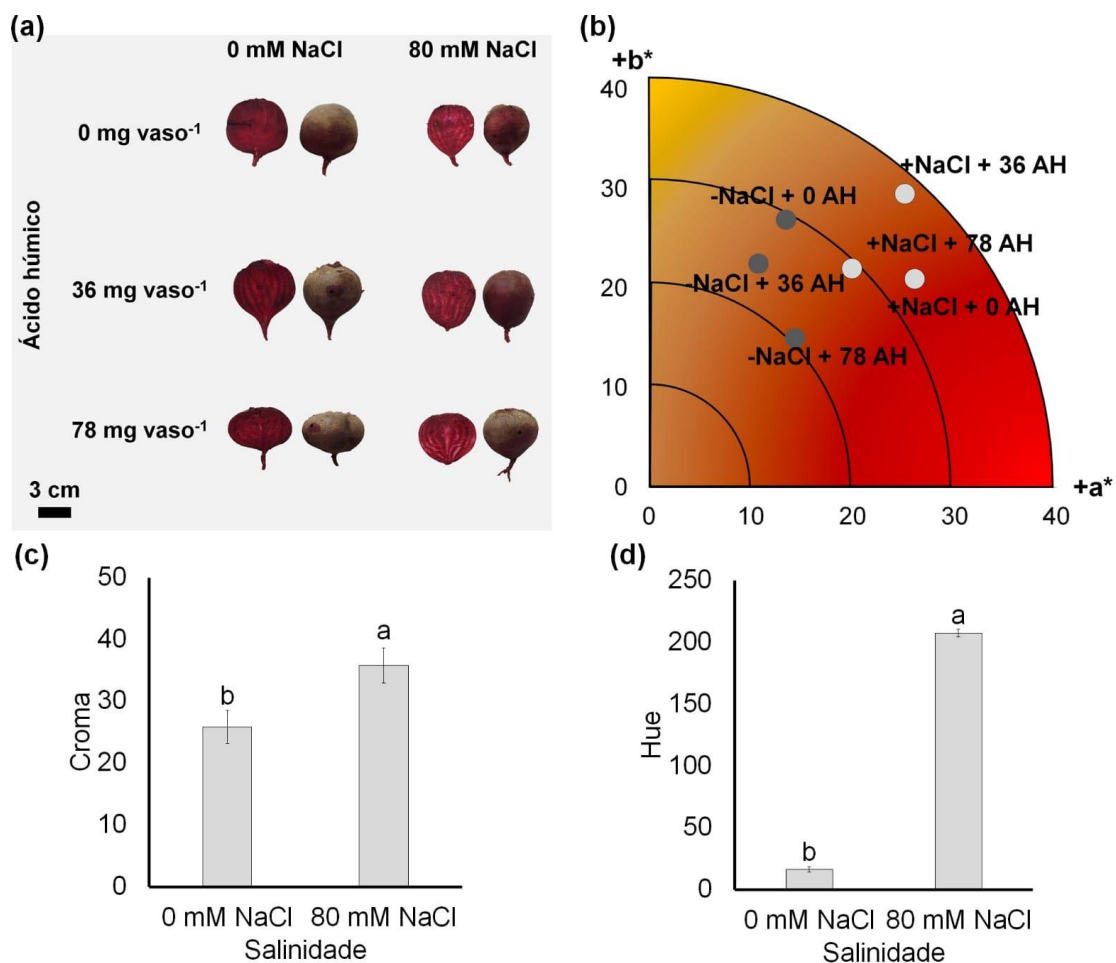


Figura 3. Colorimetria em raízes de beterraba cultivadas sob irrigação salina (80 mM NaCl) ou controle (0 mM NaCl), e pulverizadas com ácido húmico (0, 38 ou 76 mg vaso⁻¹). Barras representam médias $\pm$ erro padrão ($n = 6$). Valores com as mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$).

As plantas estressadas (80 mM NaCl, + NaCl) tiveram coloração mais próxima a tonalidade vermelha, como mostrado pelo maior valor do ângulo Hue (Fig. 3d), assim como apresentou matiz mais saturado dentro da tonalidade vermelha, como mostrado pelo maior valor de croma (Fig. 3c). O AH, por sua vez, não afetou a coloração das raízes de beterraba.

A colorimetria é utilizada como um indicador de betalaínas, a determinação da cor pode ser marcadora de concentração de pigmentos (Prieto-Santiago, 2020). Assim, os resultados obtidos nesse estudo mostraram que a salinidade aumentou o conteúdo de betacianinas, sendo este pigmento o

responsável pela coloração avermelhada. Isso está de acordo com os resultados colorimétricos, em que raízes cultivadas sob estresse salino apresentaram tonalidade mais próxima do eixo +a, indicador de coloração vermelha. Por sua vez, a salinidade reduziu o teor das betaxantinas que conferem coloração amarelo-alaranjada, o que está de acordo com a tonalidade mais distante do eixo +b (Ferreira, 2017).

6 CONCLUSÃO

A salinidade reduziu a firmeza e o teor de betaxantinas, aumentou o teor de sólidos solúveis açúcares e betacianinas.

As plantas irrigadas com água salina tiveram coloração mais próximo ao vermelho, melhorando a qualidade das raízes de beterraba.

As concentrações de ácido húmico reduziram efeito sobre os atributos de qualidade avaliados, não sendo indicado para a produção de beterraba.

REFERÊNCIAS

BATISTA, L. R. L., et al. "Efeito do ácido húmico no desenvolvimento da cultura da alface (*Lactuca sativa*) irrigada com diferentes níveis de salinidade." VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas. Anais, IFTO. 2012. CARON, Vanessa C.; GRAÇAS, J. Pereira; CASTRO, PR de C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015.

CORRÊA, Carla V. et al. Produção de beterraba em função do espaçamento. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 111-114, 2014.

CORRÊA, Carla V. et al. Produção de beterraba em função do espaçamento. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 111-114, 2014.

DA SILVA, Alexsandro Oliveira et al. Produção da cultura da beterraba irrigada com água salina. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 21, n. 3, p. 271-279, 2013.

DA SILVA, Elaine Cristina Alves et al. Influência da salinidade na emergência e crescimento inicial de mulungu. *Revista Ciência Agrícola*, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2019.

DE CASTRO PEREIRA, Thaís Regina et al. Propriedades funcionais e tecnológicas da beterraba: um levantamento bibliográfico. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 8, n. 9, p. 14901-01a, 2022.

DE LOS SANTOS, Mônica Lourdes Palomino et al. Características de consumo e aproveitamento integral da beterraba (*Beta vulgaris*) Characteristics of consumption and full use of beet (*Beta Vulgaris*). *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 8, p. 79770-79780, 2021.

DE MORAIS, Everton Geraldo; DA SILVA, Cheine Aniel; VAZ, Gustavo Henrique Branco. Ácidos húmicos: uma nova perspectiva na agricultura. **8ª Jornada Científica**, p. 85.

DE SOUZA, Rosilane Moreth. **Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde**. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste–UEZO, Rio de Janeiro, p. 23, 2012.

DOMÍNGUEZ, Rubén et al. Beterraba vermelha. Uma fonte potencial de aditivos naturais para a indústria da carne. *Ciências Aplicadas* , v. 10, n. 23, pág. 8340, 2020.

FERREIRA, Marcos David; SPRICIGO, Poliana Cristina. *Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura*. 2017.

FU, Yu et al. Betalaínas de beterraba vermelha: Perspectivas sobre extração, processamento e potenciais benefícios à saúde. *Revista de Química Agrícola e Alimentar* , v. 42, pág. 11595-11611, 2020.

FU, Yu et al. Red beetroot betalains: Perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.68, n. 42, p. 11595-11611, 2020.

HOZAYN, M.; ABD-ELMONEM, AA; SAMAHA, Ghada M. O efeito fisiológico da pré-embebição com triptofano na produtividade da beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) sob diferentes níveis de estresse salino. **Boletim do Centro Nacional de Pesquisas** , v. 44, p. 1-9, 2020.

MOSAAD, Ibrahim SM; SERAG, Ayman HI; SHETA, Mohamed H. Promover o cultivo de beterraba sacarina em solo salino através da aplicação de substâncias húmicas no solo e fertilização com nitrogênio mineral. **Revista de Nutrição Vegetal** , v. 16, pág. 2447-2464, 2022.

KUHN, Fernanda. **Encapsulamento de betalaínas e compostos fenólicos das brácteas da *Bougainvillea glabra* para uso como corante natural em alimentos**. 2020.

LASTA, Heloísa Fabian Battistella et al. **Potencial antioxidante dos extratos dos resíduos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.) obtidos a alta e baixa pressão**. 2017.

LI, Ge et al. Progresso da pesquisa da betalaína em resposta a estresses adversos e relação evolutiva em comparação com a antocianina. *Moléculas*, v. 24, n. 17, pág. 3.078, 2019.

MACHADO, Lucas Leal. **Ácidos húmicos como atenuadores do estresse salino na germinação e crescimento inicial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2016.

MELO FILHO, José Sebastião de et al. **Crescimento, produção, trocas gasosas e qualidade de *Beta vulgaris* L. com águas salinas e silício via foliar e solo**. 2019.

MENDES, Mário Mendes Alberto Fernandes. **A importância da aplicação dos Ácidos Húmicos na agricultura**.

PAZINATTO, Bruna Caroline; MARQUES, Dhiennefer Teixeira; DE LIMA, Cristina Peitz. Avaliação da atividade antioxidante e compostos bioativos presentes em extratos de beterraba. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 21, n. 1, 2021.

PIRES, Caroline Roberta Freitas et al. Qualidade textural de tomates cultivados em substratos orgânicos submetidos à aplicação de substâncias húmicas. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 44, p. 1467-1472, 2009.

PRIETO-SANTIAGO, Virgínia et al. Relação entre cor e teor de betalaína em diferentes produtos de beterraba tratada termicamente. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos* , v. 57, p. 3305-3313, 2020.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e Húmus – o que são.** Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/2021/08/05/acidos-fulvicos-acidos-humicos-e-humus-o-que-sao/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

PRIMO, Dário Costa; MENEZES, Rômulo Cezar; SILVA, Tácio Oliveira. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

SANTOS, Daniella Pereira dos et al. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, p. 509-516, 2016.

SCHOSSLER, Thiago Rodrigo et al. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

SOUSA, Carlos Ruan Vieira. **Extração assistida por ultrassom e encapsulamento de corante da casca de beterraba com potencial para aplicação em iogurte.** 2019.

TARGINO, Vitor A. et al. Crescimento e fisiologia de mudas de mamão 'Sunrise' em resposta à salinidade e ácido húmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** , v. 27, p. 352-358, 2023.

VINDYA Nilakshi Wijesinghe , Wee Sim Choo, Antimicrobial betalains, **Journal of Applied Microbiology**, v. 133, Edição 6,p. 3347-3367, 2022.

YOLCU, Seher et al. Salt and drought stress responses in cultivated beets (*Beta vulgaris* L.) and wild beet (*Beta maritima* L.). **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1843, 2021.

ZHANG, Pengfei et al. Beneficial effects of exogenous melatonin on overcoming salt stress in sugar beets (*Beta vulgaris* L.). **Plants**, v. 10, n. 5, p. 886, 2021.

ZHOU, Yanfei et al. A produção de betacianinas em *Nicotiana tabacum* transgênica aumenta a tolerância à salinidade. **Fronteiras na Ciência Vegetal**, v. 653147, 2021.

Emitido em 07/11/2023

MONOGRAFIA Nº 18/2023 - CCHSA - CAI (11.01.38.09)
(Nº do Documento: 18)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 20/11/2023 15:02)
SHEILA RAQUEL LEITE DA SILVA
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
3365922

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número:
18, ano: **2023**, documento (espécie): **MONOGRAFIA**, data de emissão: **20/11/2023** e o código de verificação:
4eb61e6be2