

Análise das características biométricas e sólidos solúveis da cana-de-açúcar em diferentes locais de produção em Goiás: Implicações para a qualidade da cachaça

Analysis of biometrics and soluble solids of sugarcane in different production locations in Goiás: Implications for cachaça quality

Análisis de las características biométricas y sólidos solubles de la caña de azúcar en diferentes lugares de producción en Goiás: Implicaciones para la calidad de la cachaça

DOI: 10.55905/oelv23n3-149

Receipt of originals: 2/24/2025

Acceptance for publication: 3/18/2025

Guilherme Martini Souza Nunes Miguel

Graduando em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: guilherme_martyni@discente.ufg.br

Alline Emannuele Chaves Ribeiro

Doutora em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: allineribeiroqi@gmail.com

Cristiane Maria Ascari Morgado

Doutora em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Endereço: Quirinópolis, Goiás, Brasil

E-mail: cristiane.morgado@ueg.br

Gisana Cristina Alves Bueno

Mestra em Ciências Farmacêuticas

Instituição: Universidade Estadual de Goiás

Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: gisana@ufg.br



Marcella Elyza Teodoro Gonçalves

Graduanda em Química Bacharelado
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: marcellaelyza@discente.ufg.br

Julio Cesar Colivet Briceno

Doutor em Engenharia de Alimentos
Instituição: Universidade de São Paulo
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: julio_colivet@ufg.br

Flavio Alves da Silva

Doutor em Engenharia de Alimentos
Instituição: Universidade Estadual de Campinas
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: flaviocamp@ufg.br

Márcio Caliari

Doutor em Tecnologia de Alimentos
Instituição: Universidade Estadual de Campinas
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: macaliari@ufg.br

Tatianne Ferreira de Oliveira

Doutora em Engenharia de Processos
Instituição: Université d'Orléans, France
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: tatianne_ferreira_oliveira@ufg.br

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar as características biométricas e os sólidos solúveis da cana-de-açúcar produzidas em três municípios de Goiás (Orizona, Alexânia e Goiás), focando na relação entre essas variáveis e suas implicações para a produção de cachaça. Foram realizadas análises biométricas em canaviais em estágio de maturação plena, considerando variáveis como altura da planta, diâmetro do colmo, peso médio e número de folhas. Além disso, os sólidos solúveis foram medidos em graus Brix, refletindo o teor de açúcares nos colmos. A análise estatística por componentes principais (ACP) revelou padrões distintos de variabilidade entre os locais de produção, com três componentes principais explicando 87,69% da variância total. A análise indicou que as características biométricas, como os diâmetros do colmo e o peso médio, têm maior peso nas plantas de determinados locais, enquanto os sólidos solúveis apresentaram correlação negativa com o local de produção. Este estudo fornece informações cruciais para o aprimoramento da qualidade da cana-de-açúcar destinada à produção de cachaça, destacando a importância

do manejo das características biométricas e dos sólidos solúveis para otimizar a qualidade do produto final.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, teor de açúcar, variabilidade de produção, qualidade da cana.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the biometric characteristics and soluble solids of sugarcane produced in three municipalities in Goiás (Orizona, Alexânia, and Goiás), focusing on the relationship between these variables and their implications for cachaça production. Biometric analyses were conducted on sugarcane fields at full maturation stage, considering variables such as plant height, stalk diameter, average weight, and number of leaves. In addition, soluble solids were measured in Brix degrees, reflecting the sugar content in the stalks. Principal Component Analysis (PCA) revealed distinct variability patterns between the production sites, with three principal components explaining 87.69% of the total variance. The analysis indicated that biometric characteristics, such as stalk diameters and average weight, had greater importance in plants from certain locations, while soluble solids showed a negative correlation with the production site. This study provides crucial information for improving the quality of sugarcane for cachaça production, emphasizing the importance of managing biometric characteristics and soluble solids to optimize the final product quality.

Keywords: *Saccharum officinarum*, sugar content, production variability, cane quality..

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características biométricas y los sólidos solubles de la caña de azúcar producida en tres municipios de Goiás (Orizona, Alexânia y Goiás), enfocándose en la relación entre estas variables y sus implicaciones para la producción de cachaça. Se realizaron análisis biométricos en campos de caña en etapa de maduración plena, considerando variables como altura de la planta, diámetro del tallo, peso promedio y número de hojas. Además, los sólidos solubles se midieron en grados Brix, reflejando el contenido de azúcar en los tallos. El análisis estadístico por componentes principales (ACP) reveló patrones distintos de variabilidad entre los sitios de producción, con tres componentes principales explicando el 87,69% de la varianza total. El análisis indicó que las características biométricas, como los diámetros de los tallos y el peso promedio, tienen mayor peso en las plantas de determinados sitios, mientras que los sólidos solubles mostraron una correlación negativa con el sitio de producción. Este estudio proporciona información crucial para mejorar la calidad de la caña de azúcar destinada a la producción de cachaça, destacando la importancia del manejo de las características biométricas y los sólidos solubles para optimizar la calidad del producto final.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, contenido de azúcar, variabilidad de producción, calidad de la caña.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas mais importantes para a economia brasileira, sendo a principal matéria-prima para a produção de etanol, açúcar e bioenergia. A produção mundial ultrapassa 2 bilhões de toneladas anuais, com o Brasil como maior produtor, alcançando mais de 780 milhões de toneladas por ano. Em seguida, destacam-se a Índia, com mais de 490 milhões de toneladas anuais, e a China, com aproximadamente 104 milhões de toneladas (FAO, 2023). Além da importância econômica, a cultura da cana desempenha um papel fundamental na sustentabilidade energética, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

A produtividade e a qualidade da cana-de-açúcar são influenciadas por diversos fatores, incluindo condições edafoclimáticas, manejo agrícola e genética da cultura. Aspectos como disponibilidade hídrica, adubação equilibrada, escolha adequada de variedades e boas práticas de manejo são determinantes para alcançar altos índices de produtividade e um sistema produtivo mais eficiente (Maule; Mazza; Martha Jr, 2001). No entanto, a produção enfrenta desafios crescentes, incluindo mudanças climáticas, restrições ambientais e a necessidade de inovação tecnológica para otimizar a eficiência agrícola.

Diante da influência desses fatores, compreender a interação entre a cultura e o ambiente de produção é essencial para otimizar o manejo e maximizar a produtividade. O estudo da cana-de-açúcar em diferentes locais pode fornecer informações valiosas para ajustar as práticas de cultivo, promovendo maior rendimento, lucratividade e competitividade no setor sucroenergético.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características biométricas e o teor de sólidos solúveis da cana-de-açúcar em diferentes localidades, buscando compreender como essas variáveis influenciam a produtividade da cultura e contribuir para a otimização das práticas de manejo.

2 METODOLOGIA

2.1 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DAS ÁREAS E AMOSTRAGEM

O estudo foi conduzido em três municípios goianos reconhecidos pela produção de cachaça: Orizona, Alexânia e Goiás, designados como Local 1 (L1), Local 2 (L2), Local 3 (L3), Local 4 (L4), Local 5 (L5) e Local 6 (L6). A identificação dos produtores e a localização dos alambiques e canaviais foram realizadas por meio de reuniões estratégicas com pesquisadores da Universidade Federal de Goiás (UFG), técnicos da EMATER, representantes de associações, cooperativas do setor e órgãos governamentais municipais ligados à agricultura e produção rural. Essas interações viabilizaram o mapeamento dos principais produtores da região e o planejamento eficiente das visitas técnicas, garantindo a representatividade dos diferentes perfis produtivos e a abrangência geográfica do estudo.

Em cada propriedade, foi selecionado um hectare de canavial em estágio de maturação plena e próximo à colheita para a produção de cachaça. Nesse local, realizaram-se análises biométricas em três colmos escolhidos aleatoriamente, com aproximadamente um ano de rebrota. Nessa fase, a cana-de-açúcar atinge o máximo acúmulo de biomassa e maturação dos colmos, condições ideais para a avaliação dos parâmetros biométricos, assegurando que os dados coletados representassem as condições reais de produção e qualidade da cana destinada à cachaça (Pandya, 2017).

2.2 ANÁLISES BIOMÉTRICAS

A altura foi medida com uma trena graduada, considerando a distância do solo até a lígula da primeira folha aberta (folha +1), conforme o sistema de Kuijper (Horschutz et al., 2022; Figueiredo et al., 2015).

O diâmetro do colmo foi aferido com um paquímetro em três pontos distintos da planta: topo, centro e base.

O peso médio dos colmos foi determinado pela massa da matéria fresca. Para isso,

os colmos foram cortados rente ao solo, limpos para remoção de folhas e bainhas, e pesados individualmente em uma balança digital com precisão de 0,01 kg. A pesagem ocorreu imediatamente após o corte para evitar perda de umidade (Qiang et al., 2019; Igathinathane et al., 2003).

A área foliar foi estimada a partir de folhas completamente expandidas (folha +3), escolhida por representar o estágio de maior atividade fotossintética e ser um indicador confiável do desenvolvimento vegetativo. Foram medidos o comprimento e a largura máxima da lâmina foliar com uma trena, aplicando-se a seguinte fórmula, com fator de correção de 0,75 (Marafon, 2012):

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = \text{Comprimento (cm)} \times \text{Largura (cm)} \times \text{Fator de correção}$$

O número de entrenós foi contado manualmente do topo à base, considerando cada segmento entre dois nós consecutivos. O número de folhas vivas, indicador da saúde e do vigor vegetativo, foi registrado manualmente em cada planta. Foram consideradas vivas as folhas com pelo menos 50% de sua área verde (Calgaro et al., 2013; Marafon, 2012).

Os dados sobre sólidos solúveis (SS) foram obtidos a partir das respostas dos produtores, que mediram o teor de SS nos colmos por meio de um refratômetro, expressando os resultados em graus Brix. Essa informação reflete a concentração de açúcares solúveis, um parâmetro essencial para a qualidade da cana destinada à produção de cachaça (Widodo et al., 2024; Zeqing et al., 2017).

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

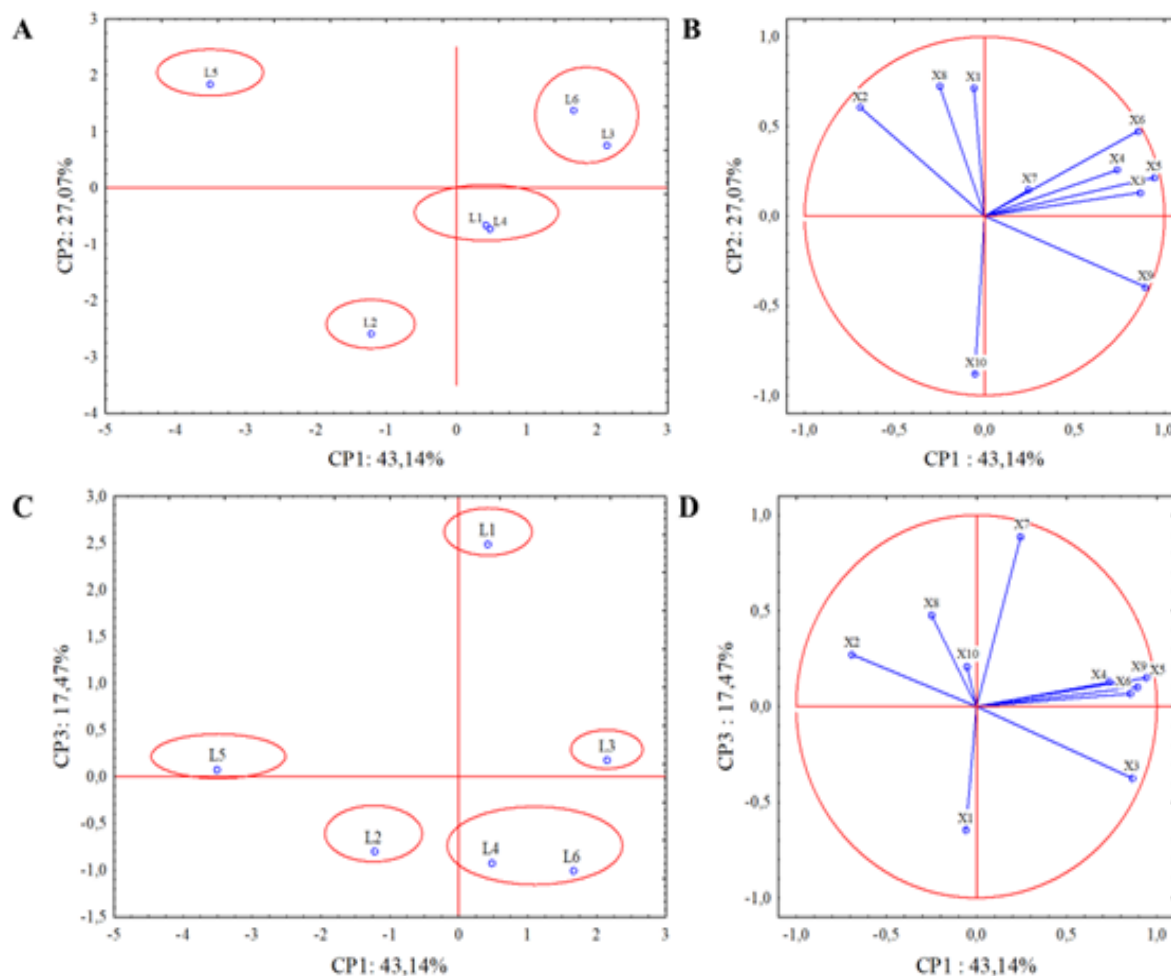
Os dados biométricos e de sólidos solúveis foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) a fim de identificar padrões de variabilidade e agrupar os diferentes locais de coleta com base nas características analisadas. Os autovalores e autovetores foram determinados para identificar a variabilidade explicada por cada componente principal. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos considerando um nível de significância de 5% (Jolliffe, 2002; Hair et al., 2019; Legendre; Legendre, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (ACP) forneceu uma compreensão significativa sobre a variabilidade das características da cana-de-açúcar cultivada em diferentes locais de produção. A explicação de 87,69% da variância total pelos três primeiros componentes (ACP1, ACP2 e ACP3) destaca a importância desses componentes na diferenciação dos grupos e nas características que influenciam diretamente o desenvolvimento da planta e a qualidade da produção (Figura 1). Esses componentes foram essenciais para entender a relação entre variáveis morfológicas e qualitativas da cana-de-açúcar, que impactam diretamente o processo de fermentação e destilação da cachaça.

O CP1 foi responsável por 43,14% da variância, e as variáveis mais significativas associadas a este componente foram a altura da planta, os diâmetros do colmo (em cima, no meio e embaixo), o peso médio e o número de colmos industrializáveis. Essas variáveis são fundamentais para a produção de cachaça, já que refletem o desenvolvimento morfológico da planta e sua produtividade. Os locais de produção como Local 1 (L1), Local 4 (L4), Local 6 (L6) e Local 3 (L3) (agrupados nos pesos positivos para CP1) apresentam plantas mais robustas, com maior diâmetro de colmo e maior peso médio, características que estão associadas a um maior potencial de destilação e qualidade do produto final. Por outro lado, os locais de produção Local 2 (L2) e Local 5 (L5), agrupados nos pesos negativos para CP1, apresentaram características de planta que podem impactar negativamente na qualidade da cachaça, possivelmente devido a limitações no desenvolvimento da planta ou nas condições de cultivo (Figuras 1A e 1C).

Figura 1. Características de planta de cana-de-açúcar produzidas em diferentes locais (local 1 - L1, local 2 - L2, local 3 - L3, local 4 - L4, local 5 - L5 e local 6 - L6). X1: local de produção da cana, X2: altura da planta, X3: diâmetro do colmo em cima, X4: diâmetro do colmo no meio, X5: diâmetro do colmo embaixo, X6: peso médio, X7: número de folhas por ponto, X8: área da folha, X9: número de colmos industrializáveis e X10: sólidos solúveis.



Fonte: Autores (2025).

No CP2, que explicou 27,07% da variância, o local de produção, a área da folha e os sólidos solúveis foram as variáveis mais influentes. Os pesos positivos para o CP2 agruparam os locais de produção Local 5 (L5), Local 6 (L6) e Local 3 (L3), enquanto os pesos negativos agruparam os locais de produção Local 2 (L2), Local 1 (L1) e Local 4 (L4) (Figura 1A). A correlação negativa entre o local de produção e os sólidos solúveis sugere que, em alguns locais, a qualidade da cana (indicada pelos sólidos solúveis) pode ser influenciada por fatores ambientais específicos ou práticas de manejo. Este é um fator

crucial para a produção de cachaça, pois a concentração de sólidos solúveis afeta diretamente a qualidade da fermentação e o sabor do produto final. Para a cachaça, a variação nos sólidos solúveis pode alterar a composição química da bebida e impactar sua fermentação e destilação. Portanto, o controle desses fatores é fundamental para otimizar a produção da cachaça de qualidade superior.

O CP3, responsável por 17,47% da variância, foi mais influenciado pelo número de folhas por planta. A quantidade de folhas tem impacto direto na capacidade fotossintética da planta, afetando a produção de açúcares essenciais para a fermentação da cachaça. Os locais de produção Local 5 (L5), Local 1 (L1) e Local 3 (L3), com pesos positivos, apresentaram um maior número de folhas, o que pode contribuir para um melhor desenvolvimento foliar e maior potencial de produção de açúcar. Já os locais de produção Local 2 (L2), Local 4 (L4) e Local 6 (L6), com pesos negativos para o CP3, podem ter apresentado limitações nesse aspecto, o que pode afetar negativamente a produção de cachaça (Figura 1C).

A análise das correlações entre as variáveis, observadas através dos vetores dos autovetores, permitiu entender melhor a relação entre as características morfológicas e de qualidade da cana-de-açúcar (Tabela 1, Figuras 1B e 1D). As variáveis diâmetros do colmo (em cima, no meio e embaixo), peso médio e número de colmos industrializáveis mostraram uma forte correlação positiva entre si, sugerindo que o crescimento dos colmos e o aumento do peso médio estão intimamente relacionados à maior produtividade da cana e ao potencial de produção de cachaça (Figura 1D). Este comportamento foi observado nos locais de produção com maiores pesos para essas variáveis, como Local 1 (L1), Local 4 (L4), Local 6 (L6) e Local 3 (L3).

A altura da planta foi positivamente correlacionada com a área da folha (Figura 1B), indicando que plantas mais altas tendem a ter maior área foliar, o que pode aumentar sua capacidade fotossintética e contribuir para um crescimento mais vigoroso, essencial para a produção de cachaça.

Tabela 1. Valores de autovetores para características de planta de cana-de-açúcar produzidas em diferentes locais.

Variável	ACP1	ACP2	ACP3
Local de produção da cana-de-açúcar	-0,059295	0,714211	-0,644938
Altura da planta (m)	-0,689801	0,603727	0,270870
Diâmetro do colmo em cima (cm)	0,863129	0,131326	-0,374706
Diâmetro do colmo no meio (cm)	0,738831	0,256889	0,127189
Diâmetro do colmo embaixo (cm)	0,942611	0,214678	0,150543
Peso médio (kg)	0,853263	0,474580	0,067546
Número de folhas por planta	0,245615	0,145628	0,889929
Área de folha (cm ²)	-0,250049	0,722835	0,477386
Número de colmos industrializáveis	0,895392	-0,396060	0,101339
Sólidos solúveis (°Brix)	-0,054399	-0,881581	0,210171

Fonte: Autores (2025).

Em relação à qualidade da cana, os sólidos solúveis mostraram-se influenciados pelas condições específicas dos locais, com uma correlação negativa com o local de produção. Esse fator pode estar relacionado a melhores condições de cultivo nos locais com maior concentração de sólidos solúveis, que são essenciais para a qualidade do açúcar e da cachaça.

A análise de agrupamentos revelou diferenças interessantes entre os locais de produção. As plantas produzidas em Local 5 (L5) destacam-se pelo alto peso médio e altura da planta, indicando um ambiente favorável ao crescimento. Já as plantas do Local 6 (L6), Local 3 (L3) e Local 4 (L4) foram associadas ao maior diâmetro dos colmos e peso médio, sugerindo que essas plantas têm um crescimento mais robusto em termos de biomassa, fundamental para o processo de destilação. O Local 1 (L1) apresentou um maior peso no número de folhas, o que pode indicar um foco maior no crescimento vegetativo. Por fim, as plantas do Local 2 (L2) foram associadas a um maior valor de sólidos solúveis, o que sugere que elas podem ser mais adequadas para a produção de açúcar ou etanol, mas apresentam características menos favoráveis para a cachaça em termos de biomassa.

A análise de componentes principais foi essencial para entender a variabilidade nas características das plantas de cana-de-açúcar em diferentes locais de produção, oferecendo insights valiosos para otimizar as práticas de manejo voltadas para a produção de cachaça. Ao considerar as variáveis de crescimento e qualidade, é possível aprimorar a produtividade e a qualidade do produto final, ajustando as estratégias de cultivo conforme as condições ambientais de cada local.

5 CONCLUSÃO

A análise de componentes principais (ACP) evidenciou que as variáveis morfológicas, como diâmetro do colmo, peso médio e número de colmos industrializáveis, são fundamentais para a produção de cana-de-açúcar de alta qualidade para cachaça. Locais com plantas mais robustas, como o Local 1 (L1), Local 4 (L4), Local 6 (L6) e Local 3 (L3), mostraram-se mais favoráveis à produção de cachaça de melhor qualidade, refletindo maior rendimento e características desejáveis para fermentação e destilação. Além disso, a concentração de sólidos solúveis também foi crucial, e pode ser otimizada por meio de práticas adequadas de manejo. Esses achados fornecem importantes insights para aprimorar as práticas de cultivo e maximizar a qualidade da cachaça.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro dos Colégios Tecnológicos do Estado de Goiás (COTECH), Universidade Federal de Goiás (UFG), Centro de Educação, Trabalho e Tecnologia (CETT) da UFG, Fundação Rádio e Televisão Educativa e Cultural (FRTVE), em parceria com a Secretaria de Estado da Retomada (SER) e Governo do Estado de Goiás, através do Convênio no 01/2021 - SER (Processo nº. 202119222000153) por meio do Edital de Pesquisa COTECH/CETT/SER Nº 02/2023.

REFERÊNCIAS

CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; LIMA, J. A.; SOUZA, M. A.; GUIMARÃES, M. J. M.. Resposta biométrica da cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de irrigação no Vale do Submédio São Francisco. **Brasil & Bahia**, 2013.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Production**: Crops and live-stock products. Faostat, 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acessado em 26/02/2025.

FIGUEIREDO, P. A. M.; LISBOA, L. A. M.; VIANA, R. S.; ASSUMPCÃO, A. C. N.; MAGALHÃES, A.C. Morphophysiological parameters of sugarcane leaf in response to the residual effect of agricultural gypsum on the ratoon. **Scientia Agricola**, v. 43, 2015.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate data analysis** (8th ed.). Cengage Learning. 2019.

HORSCHUTZ, A. C. O.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; CABRAL FILHO, F. R.; ALVES, D. K. M. Leaf growth and development of sugarcane irrigated and fertilized with different sources and doses of nitrogen. **IRRIGA**, v. 27, n. 2, p. 296-310, 2022.

IGATHINATHANE, C.; WOMAC, A. R.; SOKHANSANJ, S.; PORDESIMO, L.O. Vertical mass and moisture distribution in standing corn Stalks. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2003.

JOLLIFFE, I. T. **Principal component analysis** (2nd ed.). Springer. 2002.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology** (3rd ed.). 2012.

MARAFON, A. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. Documentos, 168 / **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 31, 2012. ISSN 1678-1953.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 295-301, 2001.

PANDYA, M. M. Studies on correlation and path analysis for quality attributes in sugarcane [*Saccharum* Spp. Hybrid]. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 5, n. 6, p. 1381–1388, 30 dez. 2017.

QIANG, Cheng et al. Plant stalk moisture content non-destructive measuring device and method. **Patent**, 10 Oct. 2019.

WIDODO, S.; AHMAR, A. S.; SOLAHUDIN, M. Nondestructive prediction of brix value in sugarcane based on portable NIR spectroscopy. **Jurnal Keteknik Per-tanian**, v. 12, n. 3, 2024.

XIAO, Z.; LIAO, X.; GUO, S. Analysis of sugarcane juice quality indexes. **Journal of Food Quality**, v. 2017, p. 1-6, 2017.