

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ARTUR DOS SANTOS

**USO DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE NA OTIMIZAÇÃO DA SELEÇÃO
DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Rio largo, AL

2025

ARTUR DOS SANTOS

**USO DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE NA OTIMIZAÇÃO DA SELEÇÃO
DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Lailton Soares.

Rio Largo, AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

S237c Santos, Artur dos.

Uso do coeficiente de repetibilidade na otimização da seleção de genótipos de cana-de-açúcar. / Artur dos Santos. – 2025.

34 f.: il.

Orientador: Lailton Soares.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Melhoramento genético. 2. *Saccharum* spp. 3. Coeficiente de determinação. I. Título.

CDU: 631.531: 633.61

Folha de aprovação

ARTUR DOS SANTOS

USO DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE NA OTIMIZAÇÃO DA SELEÇÃO DE
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em agronomia.

Aprovado em: 03 de outubro de 2025.



Orientador – Prof. Dr. Lailton Soares

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Banca examinadora:

Examinador interno – Prof. Dr. João Messias dos Santos

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Examinador externo – Eng. Agrônomo Dr. Paulo Pedro da Silva

PMGCA/RIDES/CECA/UFAL

DEDICO

Aos meus pais, Silvania dos Santos e Carlos dos Santos Ferreira, pelo amor, educação e apoio. São minha base e o maior motivo pela minha luta e persistência.

Ao meu irmão, Kauê Uriel Yan dos Santos Ferreira, cuja presença me inspira a ser alguém melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Criador, Deus, que fez a vida perfeita para que vivêssemos em equilíbrio e harmonia uns com os outros e com todas as coisas vivas.

Aos meus pais, Silvania dos Santos e Carlos dos Santos Ferreira, que fortaleceram e moldaram a essência do meu ser. Por cada ensinamento, pelo amor incondicional, pelos valores que me passaram e por me guiarem sempre no caminho certo. Foram e são a minha base, meu exemplo de caráter, e meu maior apoio em cada passo da minha jornada. Tudo que conquistei e ainda conquistarei carrega a marca do que aprendi com eles.

Ao meu irmão, Kauê Uriel Yan dos Santos Ferreira, por ser uma das maiores inspirações da minha vida. Acompanhar seu nascimento e crescimento foi um dos maiores presentes que recebi. Ele me ensinou, sem saber, o valor da responsabilidade e da importância de ser um bom exemplo. Sua presença me fortaleceu e me motivou a seguir em frente com ainda mais propósito.

Aos meus familiares por tudo o que me proporcionaram, seja com um conselho, um ensinamento ou um exemplo. Sei que cada um, à sua maneira, contribuiu para a minha educação e para a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Lailton Soares, por sua orientação, paciência e pelos valiosos conselhos.

Aos professores, pesquisadores, técnicos, auxiliares de pesquisa, operacionais e administrativos do PMGCA/RIDES/CECA/UFAL, que contribuíram com conhecimento, apoio e experiência.

Aos amigos de estágio no PMGCA/RIDES/CECA/UFAL, Daniel Freitas Soares, Emanuel Araujo do Nascimento, Isaac dos Santos Gomes, Issufo Salimo Meçurão, Maria da Luz Lima Silva, Maria Izadora Alves de Sá, Micaely Calixto Fidelis da Silva e Wedja Barbosa Ferreira pelo companheirismo, incentivo e apoio durante toda a jornada.

Aos professores do CECA/UFAL, pela dedicação. Seus ensinamentos e conhecimentos compartilhados foram essenciais para minha formação profissional e pessoal.

Aos amigos e colegas do curso de graduação em agronomia do CECA/UFAL, Erick da Silva Marques, Emily Nascimento da Silva, Pedro Flávio de Souza Carvalho, Mybsã de Lima Silva, Laysa Mirelly Ramalho da Silva, Karyna Evellin Alves da Silva, Josefa Márcia dos Santos, Edvania Barbosa da Silva e Laura Elizabeth Suares de Bulhões, pela amizade e incentivo. O apoio e a ajuda mútua foram essenciais para superar os desafios da graduação, e a amizade tornou a jornada mais leve e divertida.

Aos meus amigos da vida, Elias da Silva Souza, Iago Almeida, Dandara Lopes de Azeredo, César Alexandre Cavalcante de Almeida, Bernardo Victor de Oliveira Lopes, por todos os momentos compartilhados e pela amizade que me acompanha há tanto tempo.

“O que caracteriza uma civilização? Será o gênio excepcional? Não. É a vida rotineira. Para a existência de uma civilização, não eram necessárias muitas pessoas inteligentes, mas sim uma pessoa que certa vez teve uma ideia brilhante que logo foi repetida de forma rotineira e monótona por milhares de seres humanos por milhares e milhares de anos.”

(Pierre Boulle, O Planeta dos Macacos)

RESUMO

O presente trabalho objetivou estimar os coeficientes de repetibilidade e coeficiente de determinação para os caracteres toneladas de cana por hectare (TCH) e toneladas de Pol por hectare (TPH) em 20 genótipos de cana-de-açúcar, visando prever a capacidade mais provável de cada genótipo e, dessa forma, subsidiar a seleção de materiais geneticamente superiores. O estudo foi conduzido na área experimental do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar em São Luiz do Quitunde, Alagoas, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, e avaliando-se três cortes (2021, 2022 e 2023). A análise estatística foi realizada por meio da Análise de Variância (ANAVA), que indicou diferença estatística a 1% de probabilidade entre os genótipos para ambas as variáveis, confirmando a existência de variabilidade genética. Os parâmetros genéticos estimados revelaram coeficiente de repetibilidade alto para TCH (0,61) e moderado para TPH (0,45). Os coeficientes de determinação foram 82,26% e 71,29% para TCH e TPH, respectivamente. A análise de otimização demonstrou que TCH é o critério mais eficiente para a seleção, pois requer um número significativamente menor de medições do que TPH para assegurar a acurácia, representando uma redução no custo e no tempo experimental. Por fim, a capacidade mais provável e a comparação de médias pelo agrupamento de Scott-Knott indicaram o genótipo RB15774 como o mais promissor para seleção e avanço no programa de melhoramento genético.

Palavras-chave: Melhoramento genético; *Saccharum* spp.; Coeficiente de determinação.

ABSTRACT

The present study aimed to estimate the repeatability and determination coefficients for the traits tons of cane per hectare (TCH) and tons of Pol per hectare (TPH) in 20 sugarcane genotypes, with the goal of predicting the most probable capacity of each genotype and thus supporting the selection of genetically superior materials. The experiment was conducted in the experimental area of the Sugarcane Breeding Program in São Luiz do Quitunde, Alagoas, using a randomized block design with four replications and evaluating three harvests (2021, 2022, and 2023). Statistical analysis was performed using Analysis of Variance (ANOVA), which indicated a significant difference at the 1% probability level among genotypes for both traits, confirming the existence of genetic variability. The estimated genetic parameters revealed a high repeatability coefficient for TCH (0.61) and a moderate one for TPH (0.45). The determination coefficients were 82.26% and 71.29% for TCH and TPH, respectively. The optimization analysis showed that TCH is the most efficient criterion for selection, as it requires a significantly smaller number of measurements than TPH to ensure accuracy, thus reducing experimental cost and time. Finally, the most probable capacity and the mean comparison by the Scott-Knott grouping indicated the genotype RB15774 as the most promising for selection and advancement in the breeding program.

Keywords: Genetic breeding; *Saccharum* spp; Determination coefficient.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Estimativa do coeficiente de determinação, em função do número de medições, com base no coeficiente de repetibilidade para o caractere tonelada de cana por hectare.29
- Figura 2 – Estimativa do coeficiente de determinação, em função do número de medições, com base no coeficiente de repetibilidade para o caractere tonelada de Pol por hectare.30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Genótipos de cana-de-açúcar da fase experimental (FE), série diversas e variedades padrão utilizados no experimento.....	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Esquema da análise de variância (ANAVA).	23
Tabela 2 – Quadrados médios da análise de variância, médias das variáveis, coeficientes de variação, estimativas dos coeficientes de repetibilidade e dos coeficientes de determinação das características tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de Pol por hectare (TPH) de genótipos de cana-de-açúcar, obtidos pelo método de análise de variância.....	26
Tabela 3 – Estimativa do número mínimo de medições associadas a diferentes graus do coeficiente de determinação (R^2), a partir da repetibilidade estimada pelo método da análise de variância para características avaliadas em 20 genótipos de cana-de-açúcar.....	28
Tabela 4 – Capacidade mais provável de cada genótipo quanto tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de Pol por hectare (TPH).	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 A cana-de-açúcar	15
2.1.1 Origem, taxonomia, botânica e morfologia da cana-de-açúcar	15
2.1.2 Ciclo fenológico	16
2.2 Importância econômica da cana-de-açúcar	16
2.3 Melhoramento genético da cana-de-açúcar	16
2.3.1 Parâmetros Genéticos	17
2.3.2 Repetibilidade.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Localização e delineamento experimental.....	20
3.2 Genótipos avaliados.....	20
3.3 Caracteres avaliados	20
3.4 Análise estatística.....	23
3.5 Comparação de médias	23
3.6 Coeficiente de repetibilidade e confiabilidade da seleção	24
3.7 Capacidade mais provável de cada genótipo	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Análise de variância	26
4.2 Coeficiente de variação	26
4.3 Estimativa do coeficiente de repetibilidade.....	27
4.4 Estimativa do coeficiente de determinação	27
4.5 Número mínimo de medições	28
4.6 Seleção de genótipos	30
5. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, a cultura da cana-de-açúcar representa um vetor socioeconômico de grande importância. O setor sucroenergético, impulsionado pela produção de etanol e açúcar, é fundamental para o suprimento das demandas dos mercados nacional e internacional (UNICA, 2025). Entretanto, a manutenção da competitividade e a sustentabilidade econômica desse segmento industrial estão invariavelmente condicionadas à otimização contínua dos índices de produtividade agrícola na base produtiva (Meena et al., 2022; Barreto et al., 2021).

A produtividade agrícola da cana-de-açúcar enfrenta desafios que dificultam o crescimento contínuo do setor. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) evidenciam que, embora haja avanços, os resultados não seguem um padrão linear de crescimento. Em 2022/2023, a área colhida foi de 8,29 milhões de hectares, com produção de 610,80 milhões de toneladas (CONAB, 2022/2023). Na safra seguinte, 2023/2024, a área aumentou para 8,33 milhões de hectares e a produção alcançou 713,21 milhões de toneladas (CONAB, 2023/2024). Já para 2024/2025, 8,77 milhões de hectares cultivados, com produção estimada em 676,96 milhões de toneladas, o que reforça a natureza instável e desafiadora da manutenção de elevados índices produtivos no setor (CONAB, 2024/2025).

Para impulsionar a produção, diversas ferramentas são empregadas, desde a utilização de insumos modernos e o manejo cultural aprimorado até a adoção de técnicas agronômicas avançadas (Barros et al., 2018). No entanto, o melhoramento genético destaca-se como estratégia eficiente e economicamente viável. Tal processo entrega ganhos expressivos na produtividade e na qualidade de cultivares de cana-de-açúcar, adaptando a cultura a diferentes ambientes e conferindo resistência a estresses bióticos e abióticos (Oliveira et al., 2021).

Uma das metodologias utilizadas no melhoramento da cana-de-açúcar é o coeficiente de repetibilidade. Este coeficiente permite a identificação precoce de genótipos promissores ainda nas fases experimentais (Cruz et al., 2012). A principal vantagem desta estimativa é a possibilidade de determinar o número ideal de colheitas necessárias para a seleção acurada dos melhores genótipos. Ao reduzir as colheitas experimentais, há uma diminuição significativa de custos, tempo e mão de obra (Resende, 2002).

Diante da necessidade contínua de selecionar materiais genéticos de alta performance, o presente trabalho teve como objetivo estimar os coeficientes de repetibilidade e de determinação para as características de toneladas de cana por hectare (TCH) e toneladas de Pol por hectare (TPH) em 20 genótipos de cana-de-açúcar, visando prever a capacidade mais provável de cada genótipo e, assim, subsidiar a seleção de materiais superiores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cana-de-açúcar

2.1.1 Origem, taxonomia, botânica e morfologia da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar possui origem no sudeste da Ásia, especialmente na região Nova Guiné e Indonésia. Pertencem à família Poaceae, do gênero *Saccharum*, sendo representada por seis espécies conforme Daniels e Roach (1987): *Saccharum officinarum* Linnaeus, *Saccharum spontaneum* Linnaeus, *Saccharum robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl, *Saccharum barberi* Jeswiet, *Saccharum sinense* Roxb e *Saccharum edule* Hassk.

Apesar de ser uma planta alógama com reprodução sexuada que favorece a variabilidade genética, a multiplicação comercial é realizada de forma assexuada por meio de colmos, denominados rebolos ou toletes, que possuem gemas laterais capazes de originar clones da planta-mãe. Cada gema é potencialmente capaz de formar uma nova planta, sendo essa a base da propagação vegetativa da cultura (Cesnik; Miocque, 2004).

Seu sistema radicular é fasciculado e possui colmos subterrâneos com gemas que dão origem a perfilhos, responsáveis pela rebrota após o corte. Esse processo origina novos ciclos de touceiras, chamadas socas ou ressocas, nos ciclos subsequentes (Matsuoka et al., 1999). Na parte aérea, o colmo é responsável por armazenar grande quantidade de sacarose, sendo o principal órgão de interesse econômico. Pode apresentar crescimento ereto, semi-ereto ou decumbente. O colmo é seccionado por nós, onde se localizam as gemas de crescimento, e pelos entrenós, que representam os principais locais de acúmulo de açúcar.

Os colmos da cana-de-açúcar são geralmente cilíndricos. Sua cor e diâmetro, entretanto, são bastante variáveis. As folhas são do tipo simples, alongadas e estreitas, paralelas, alternadas e espiraladas. A bainha abraça o colmo, característica típica das folhas sésseis da família Poaceae. A cana-de-açúcar é uma planta do tipo C4, e apresenta alta eficiência fotossintética em ambientes tropicais típicos dessas regiões, especialmente sob condições de alta irradiância, temperaturas elevadas em condições de seca (Evert; Eichhorn, 2014).

A inflorescência da cana-de-açúcar é do tipo panícula aberta, também conhecida popularmente como flecha. Seu formato é conoidal, sendo composta por uma ráquis, estrutura central da qual partem ramificações secundárias e terciárias. Na panícula encontram-se as espiguetas, e em cada uma delas há uma flor hermafrodita, que dará origem a um fruto do tipo cariopse (Matsuoka et al., 1999).

2.1.2 Ciclo fenológico

Como apontam Gascho e Shih (1983), a cultura da cana-de-açúcar possui quatro estádios de desenvolvimento: brotação e estabelecimento, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação. A brotação e estabelecimento corresponde à fase inicial do desenvolvimento da plântula, estando relacionada à emissão das primeiras brotações, produção do sistema radicular e emergência das plantas. Essa fase ocorre entre 20 e 30 dias após o plantio. O perfilhamento é a fase de estabelecimento da planta, caracterizada pela brotação secundária dos colmos, chamados perfilhos, originados das gemas laterais do colmo principal ou do rizoma. Essa fase tem início entre 20 e 30 dias após a emergência do colmo primário. Do crescimento dos colmos sucede o perfilhamento e marca a fase em que os colmos se desenvolvem, ganhando altura e acumulando sacarose no caule. Na fase de maturação, ocorre intenso acúmulo de sacarose nos colmos.

2.2 Importância econômica da cana-de-açúcar

O Brasil é um país com grande participação na agricultura mundial com reconhecimento por seu clima favorável, grande extensão territorial, solo fértil e tecnologia agrícola, o que oferece grande potencial de produção da cana-de-açúcar. Na safra de 2024/2025, o Brasil teve uma área de produção de aproximadamente 8,7 milhões de hectares para a cultura da cana-de-açúcar alcançando uma produção de cerca de 676,9 milhões de toneladas, firmando-se como um dos maiores produtores mundiais. Nesse mesmo período, a região Nordeste do país cultivou 897,5 mil hectares cerca de 10,24% da área total do país, com uma produção de 54,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2025).

A atividade sucroalcooleira constitui um dos principais pilares da economia do estado de Alagoas, tendo destaque pela longa tradição no cultivo de cana-de-açúcar. O estado de Alagoas contribuiu com 17,78 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 295,1 mil hectares, atingindo rendimento de 60,27 toneladas de cana por hectare, com uma produção de 1,64 milhão de toneladas de açúcar e 451,48 milhões de litros de etanol (CONAB, 2025).

2.3 Melhoramento genético da cana-de-açúcar

O melhoramento genético da cana-de-açúcar está relacionado ao desenvolvimento de variedades com aptidões produtivas, adaptáveis a diferentes condições ambientais e resistência

fitossanitária (Morais et al., 2015). Embora a cana-de-açúcar seja propagada de forma vegetativa, o melhoramento depende exclusivamente do cruzamento entre genitores selecionados, possibilitando gerar variabilidade genética, permitindo que o melhorista possa selecionar indivíduos superiores com características desejadas (Cesnik; Miocque, 2004).

O Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar (PMGCA), localizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), tem o objetivo desenvolver cultivares que possuam potencial para alavancar o setor sucroenergético. Para isso, o programa busca produzir variedades que apresentem resistência a pragas e doenças, com maior adaptação às condições do ambiente a que serão destinadas e que colaborem para o aumento da produtividade no campo e na indústria. Além disso, busca desenvolver materiais que tenham bom perfilhamento, alto teor de sacarose e outras características que atendam o setor (Morais et al., 2015). O melhoramento genético para o aumento da produção canavieira em Alagoas, segundo Barbosa (2014), foi marcado pela participação principalmente da cultivar RB92579 entre 2003 e 2010.

2.3.1 Parâmetros Genéticos

Caracteres quantitativos são aqueles compostos por um grande número de genes e são influenciados por uma alta interação com o ambiente. Esses caracteres quantitativos variam de forma contínua, a exemplo de altura, produtividade, teor de açúcar entre outros, ou de discreta, como número de frutos ou perfilhos (Resende, 2002). A cana-de-açúcar é uma cultura poligênica, tendo suas características de interesse controladas por múltiplos genes, e é essencial o uso da genética quantitativa para auxiliar no seu melhoramento, pois as características de interesse agrônomo dessa cultura, como produtividade, teor de sacarose e resistência a doenças, apresentam herança quantitativa e interagem fortemente com as condições do ambiente em que são impostas (Barbosa et al., 2012; Morais et al., 2015). Os principais parâmetros genéticos utilizados para a seleção em programas de melhoramento da cana-de-açúcar são a herdabilidade e a variância genética, que indicam o potencial de ganho genético. Considerando a natureza perene da cultura, em que a mesma planta é colhida várias vezes, o uso de um parâmetro imprescindível é o coeficiente de repetibilidade (Cruz et al., 2012).

2.3.2 Repetibilidade

A repetibilidade foi conceituada por Lush (1937) como a correlação entre o desempenho de um mesmo indivíduo, obtidos em medições que se repetem ao longo do tempo. O conceito repetibilidade foi introduzido no âmbito do melhoramento vegetal para caracteres quantitativos em plantas. Ao se escolher um genótipo, é esperado que seu desempenho perdure ao longo do tempo, em outras palavras, uma característica observada se mantenha constante em repetidas avaliações do mesmo genótipo.

O uso da repetibilidade como parâmetro genético pode ajudar a selecionar mais rápido, pois reduzirá o número de medições para decidir materiais considerados superiores, permite economizar recursos por evitar gastar tempo medindo várias vezes e melhorar o ganho genético. Seleções feitas com alta repetibilidade apresentam maior confiança, enquanto genótipos com baixa repetibilidade podem apresentar alta variação de resultado exigindo mais medições (Resende, 2002; Cruz et al., 2012).

A repetibilidade é o limite superior da herdabilidade no seu sentido amplo, podendo-se afirmar que a herdabilidade sempre será igual ou inferior à repetibilidade. A estimativa do coeficiente de repetibilidade é essencial para obter uma estimativa mais acurada da herdabilidade, aumentando a precisão da seleção e o ganho genético esperado (Resende, 2002).

Matias et al. (2014) em estudos de repetibilidade de 14 características do pessegueiro utilizando modelo de análise de variância, obtiveram altas estimativas para o coeficiente de repetibilidade, e concluíram que quatro anos de avaliação são necessários para alcançar um grau de 80% de confiabilidade. De forma semelhante, Cargnin (2016), utilizando o coeficiente de repetibilidade, observou que três colheitas são suficientes para previsibilidade do valor real de duas variedades de viníferas com 80% de confiabilidade. Azevedo et al. (2016), observaram que, para comparação de clones de couve, um mínimo de três colheitas também é suficiente na estimativa do valor real de genótipos.

Silva et al. (2018) verificaram que os genótipos de cana-de-açúcar estudados apresentaram, apenas, duas avaliações, para selecionar materiais superiores na fase experimental do melhoramento da cultura, utilizando critérios seleção baseado nos caracteres toneladas de cana por hectare e toneladas de Pol por hectare. Essa estimativa indica suficiência para se ter 90% de previsibilidade dos seus valores reais.

Azevedo et al. (2020) com objetivo de promover informações para o melhoramento genético da castanheira. Avaliaram 140 castanheiras em um experimento em um período de treze anos e em outro experimento, em outro local, 175 castanheiras em seis anos. Através do

coeficiente de repetibilidade para o caractere número de frutos por planta, obtiveram que, considerando um coeficiente de determinação de 80%, três anos são o suficiente para os dois castanhais. Já para um coeficiente de determinação de 90% seriam necessários, sete anos para o primeiro experimento, e, seis anos para o segundo.

O coeficiente de repetibilidade é uma medida que expressa o nível de confiabilidade das avaliações fenotípicas de um mesmo indivíduo. Sendo essencial para estimar o coeficiente de determinação, também conhecido como acurácia da seleção, indica a precisão com que as médias fenotípicas representam os valores genéticos reais (Cruz et al., 2012). O coeficiente de determinação orienta o melhorista quanto à confiabilidade das estimativas genéticas e auxilia na definição do número adequado de medições necessárias para assegurar uma seleção eficiente (Silva et al., 2018; Ferreira et al., 2005).

De acordo com Cruz et al. (2012), a repetibilidade pode sofrer ação de efeitos permanentes e efeitos temporários. Os efeitos permanentes estão relacionados a condições intrínsecas do indivíduo, como genótipo, e tendem a ser constantes ao longo das avaliações. Por outro lado, os efeitos temporários são variações que ocorrem ocasionalmente e podem afetar uma avaliação específica, como estresse hídrico devido a uma seca, a incidência de pragas ou doenças em um ciclo específico ou diferença de manejo ou solo entre talhões. Os efeitos temporários são responsáveis por reduzirem a repetibilidade, pois influenciam no desempenho do genótipo, fazendo com que o resultado das avaliações oscile mesmo que o potencial genético seja o mesmo (Santos et al., 2004).

Diante disso, a possibilidade de prever o desempenho futuro dos genótipos com maior precisão, especialmente em culturas perenes como a cana-de-açúcar, colhida em múltiplos cortes, representa uma vantagem significativa para os programas de melhoramento, permitindo maior eficiência na seleção de materiais superiores. Assim, o uso da repetibilidade contribui diretamente para a obtenção de cultivares mais produtivas e consistentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e delineamento experimental

A pesquisa foi conduzida na área experimental localizada na Fazenda Titara, pertencente à Usina Santo Antônio (USA), localizada no município de São Luiz do Quitunde, AL (lat 09°22'S, long 35°32' W, 31 m de altitude), uma das subestações experimentais do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi composta por sete fileiras, cada uma com seis metros de comprimento, com espaçamento de 1 m entre linhas, constituindo uma unidade experimental de 42 m². As colheitas foram realizadas no mês de setembro, sendo o primeiro corte em 2021, o segundo em 2022 e o terceiro em 2023. As médias dos caracteres avaliados foram baseadas nas quatro repetições de cada corte e submetidas à análise de variância (Tabela 1), que considerou o fator de variação de genótipos.

3.2 Genótipos avaliados

Foram estudados 20 genótipos de cana-de-açúcar, nos quais, 2 são variedades padrão do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar. A identificação desses genótipos se encontra no Quadro 1.

3.3 Caracteres avaliados

Neste estudo, foram avaliados os seguintes caracteres da cana-de-açúcar:

a) Tonelada de cana por hectare (TCH): refere-se à medida da produtividade da cultura em relação à biomassa, expressa em toneladas de colmos de cana por unidade de área. O peso total da parcela foi obtido por meio de um dinamômetro, sendo este equipamento suspenso com auxílio de uma carregadeira. O valor final de TCH foi calculado a partir da equação:

$$TCH = \frac{\text{Peso total de cana na parcela (kg)}}{\text{Área útil da parcela (m}^2\text{)}} \times 10 \quad (1)$$

b) Tonelada de Pol por hectare (TPH): é a medida da produtividade de açúcar da cultura, expressa em toneladas de Pol (sacarose aparente) na cana por unidade de área, utilizou-se uma amostra com dez colmos de cana por repetição, totalizando 40 colmos de cana ao longo de quatro repetições, obtida a partir da equação:

$$TPH = \frac{TCH \times PC}{100} \quad (2)$$

Em que:

PC é o Pol % cana, concentração da sacarose aparente na cana estimada a partir do caldo extraído e corrigida pelo teor de fibra da matéria-prima, obtida através da equação:

$$PC = PCC \times [1 - (0,01 \times F)] \times C \quad (3)$$

C é o coeficiente de transformação usado para converter pol do caldo extraído em pol da cana, levando em consideração o efeito de fibra (F), obtido pela expressão:

$$C = 1,0313 - 0,00575 \times F \quad (4)$$

F (Fibra % cana) é o teor percentual de material sólido e insolúvel cana-de-açúcar, calculada pelo PBU (Peso do bagaço Úmido), em gramas, obtida pela seguinte equação:

$$F = (0,08 \times PBU) + 0,876 \quad (5)$$

PCC (Pol % caldo da cana) é a concentração de sacarose aparente em relação ao caldo analisado em laboratório, pela equação descrita a seguir:

$$PCC = L_{pb} \times [0,2605 - (0,0009882 \times B)] \quad (6)$$

Em que:

B (brix do caldo) é o teor de sólidos solúveis presentes no caldo da cana, obtido através de leitura utilizando refratômetro.

L_{pb} é a Leitura sacarimétrica equivalente à de subacetato de chumbo. Este valor é obtido através da conversão da Leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio (L_{al}), expresso por:

$$L_{pb}=1,00621\times L_{al}+0,05117 \quad (7)$$

L_{al} é obtido após a clarificação do caldo de cana com mistura à base de alumínio. O valor é determinado por leitura direta em sacarímetro digital, calibrado a 20° C que mede a rotação óptica do caldo no comprimento de onda de 587/589,4 nm e utiliza o peso normal de 26 g para expressar a concentração aparente de sacarose.

As equações (3), (4), (5), (6) e (7), bem como o contexto metodológico, foram definidos e estão em conformidade com CONSECANA–SP (2006).

Quadro 1 – Genótipos de cana-de-açúcar da fase experimental (FE), série diversas e variedades padrão utilizados no experimento.

Genótipos	Instituição obtentora
RB92579*	UFAL
RB943047*	UFRPE
RB087859	UFV
RB137033	UFV
RB14800	UFAL
RB14805	UFAL
RB14825	UFAL
RB14834	UFAL
RB14837	UFAL
RB14840	UFAL
RB14854	UFAL
RB14862	UFAL
RB14888	UFAL
RB15715	UFAL
RB15734	UFAL
RB15745	UFAL
RB15774	UFAL
RB15782	UFAL
RB15792	UFAL
RB15900	UFAL

Fonte: autor, 2025.

* Variedades Padrão do Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar (PMGCA).

3.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa GENES (Cruz, 2006). Para essa análise, foi utilizado o modelo estatístico conforme descrito por Cruz et al. (2012), que é adequado para o delineamento de blocos casualizados e possibilita a remoção dos efeitos de ambiente temporário, como as condições de cada corte. A partir deste modelo, foram obtidas as estimativas do coeficiente de repetibilidade, o coeficiente de determinação (R^2) e a capacidade mais provável do valor verdadeiro de cada genótipo com base nos três cortes.

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

Em que:

Y_{ij} é a observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo corte;

μ é a média geral;

g_i é efeito aleatório do i-ésimo genótipo;

a_j é efeito fixo do j-ésimo corte;

ε_{ij} é o erro experimental associado à cada observação.

Tabela 1 – Esquema da análise de variância (ANAVA).

F. V.	G. L.	SQ	QM	E(QM)	F
Cortes	a - 1	SQB	QMB	–	
Genótipos	g - 1	SQG	QMG	$\sigma^2 + \eta\sigma_g^2$	QMG/QMR
Resíduo	(g - 1) (a - 1)	SQR	QMR	σ^2	

3.5 Comparação de médias

Utilizou-se o critério Scott-Knott, a 1% de probabilidade, para a comparação das médias entre os grupos de tratamentos.

3.6 Coeficiente de repetibilidade e confiabilidade da seleção

Por meio da análise de variância foram obtidos os quadrados médios (QM) e as esperanças dos quadrados médios [E(QM)] (Tabela 1). Com base na ANAVA, as estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{\rho}$) foram calculadas pela expressão proposta por Cruz et al. (2012):

$$\hat{\rho} = \frac{C\acute{o}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij}) \hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_g^2} \quad (9)$$

Em que:

$\hat{\sigma}_g^2$ é a estimativa da variância entre genótipos;

$\hat{\sigma}_e^2$ é a estimativa da variância ambiental.

As estimativas das variâncias σ_g^2 e σ_e^2 , foram obtidas a partir dos quadrados médios dos genótipos (*QMG*) e do resíduo (*QMR*) da ANAVA (Tabela 1), respectivamente, e considerando o número de medições (n), por meio das seguintes expressões:

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{n} \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = QMR \quad (11)$$

As estimativas de repetibilidade ($\hat{\rho}$), conforme Resende (2002), são classificadas da seguinte forma: em baixa se $\hat{\rho} \leq 0,30$; média quando $0,30 < \hat{\rho} < 0,60$ e alta se $\hat{\rho} \geq 0,60$.

Para a determinação do número mínimo de medições (η_o) necessárias para predizer o valor verdadeiro do genótipo, utilizou-se a seguinte expressão (Cruz et al., 2012):

$$\eta_o = \frac{R^2(1-\hat{\rho})}{(1-R^2)\hat{\rho}} \quad (12)$$

e, para o cálculo do coeficiente de determinação (R^2), que representa a confiabilidade da média de η medições em relação ao valor verdadeiro do genótipo, empregou-se a expressão (Cruz et al., 2012):

$$R^2 = \frac{\eta \hat{\rho}}{1 + \hat{\rho}(\eta - 1)} \quad (13)$$

3.7 Capacidade mais provável de cada genótipo

A estimativa da predição do valor verdadeiro ou capacidade mais provável de cada genótipo foi obtida a partir da média ajustada dos dados. Esta estimativa representa a melhor predição do valor genético de cada genótipo e foi utilizada como o principal critério para a seleção, visto que a capacidade mais provável constitui a melhor estimativa de seu valor genético (Lush, 1964):

$$\hat{Y} = R^2 \bar{Y}_i + (1 - R^2) \bar{Y} \quad (14)$$

Em que:

\hat{Y} é o estimador do valor real do i -ésimo genótipo;

\bar{Y}_i é a média do i -ésimo genótipo obtida a partir de η avaliações;

\bar{Y} é a média geral da população, incluindo todos os i -ésimos genótipos e as η avaliações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância

De acordo com a análise de variância (Tabela 2) verificou-se significância estatística a 1% de probabilidade pelo teste F entre os 20 genótipos de cana-de-açúcar para os caracteres, tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de Pol por hectare (TPH). Este resultado indica a existência de diferenças genéticas significativas entre os genótipos, o que demonstra a possibilidade de genótipos promissores para a seleção de material superior.

Tabela 2 – Quadrados médios da análise de variância, médias das variáveis, coeficientes de variação, estimativas dos coeficientes de repetibilidade e dos coeficientes de determinação das características tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de Pol por hectare (TPH) de genótipos de cana-de-açúcar, obtidos pelo método de análise de variância.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		TCH	TPH
Cortes	2	3662,48	44,98
Genótipos	19	354,28 **	6,22 **
Resíduo	38	62,86	1,79
Médias		126,76	16,56
Coeficiente de variação (%)		6,26	8,07
Repetibilidade		0,61	0,45
Coeficiente de determinação (%)		82,26	71,29

Fonte: Autor (2025).

** : significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

4.2 Coeficiente de variação

Os coeficientes de variação (CV) foram 6,26% para TCH e 8,07% para TPH (Tabela 2), atestando alta precisão experimental. Esses valores corroboram com os resultados encontrados por Santos et al. (2004) e Ferreira et al. (2005) em estudos de repetibilidade na cultura da cana-de-açúcar. Em contraste, Silva et al. (2018), ao avaliar o desempenho agroindustrial de genótipos de cana-de-açúcar, verificou valores de coeficiente de variação acima de 15% para variáveis TCH e TPH.

4.3 Estimativa do coeficiente de repetibilidade

Depreende-se que as estimativas obtidas neste trabalho indicaram repetibilidade alta para TCH (0,61) e média para TPH (0,45), conforme apresentado na Tabela 2. Resultados semelhantes foram relatados por Santos et al. (2004), que, ao avaliarem genótipos de cana-de-açúcar por meio de análise de variância, encontraram coeficientes de repetibilidade próximos para TCH e TPH, indicando estabilidade relativa dessas características entre medições sucessivas. De forma convergente, Ferreira et al. (2005), também estudando cana-de-açúcar, observaram consistência apenas para TCH, sugerindo que essa variável tende a expressar menor influência ambiental em relação a TPH. Em outro trabalho, Ferreira et al. (2019), avaliando o Capim-Mombaça — espécie forrageira morfológicamente semelhante à cana-de-açúcar por também pertencer à família Poaceae, relataram estimativas de repetibilidade variáveis, com valores elevados para algumas características e reduzidos para outras, evidenciando que a estabilidade fenotípica é dependente tanto da espécie quanto do caráter avaliado.

A elevada estimativa de repetibilidade obtida para TCH no presente estudo confirma que o desempenho dos genótipos para essa característica é mais consistente ao longo das avaliações, refletindo predominância dos efeitos genotípicos sobre os ambientais. Em contrapartida, a repetibilidade média observada para TPH indica maior suscetibilidade dessa variável às variações ambientais. Silva et al. (2018) também verificaram coeficientes de repetibilidade para TCH ligeiramente superiores aos de TPH, corroborando os resultados aqui obtidos. Dessa forma, a seleção de genótipos com base em TCH tende a ser mais eficiente e confiável, enquanto a seleção fundamentada em TPH requer maior cautela, uma vez que fatores não genéticos exercem influência mais expressiva sobre sua expressão fenotípica.

4.4 Estimativa do coeficiente de determinação

Os coeficientes de determinação (R^2) que permitem a confiança do valor fenotípico em prever o valor real dos genótipos, foram de 82,26% para TCH e 71,29% para TPH (Tabela 2). O valor de R^2 obtido para o caractere TCH, considerado alto, demonstra que a estimativa da capacidade mais provável de cada genótipo é altamente confiável. Já para TPH o coeficiente obtido foi menor que 80%, considerado moderado.

4.5 Número mínimo de medições

A análise do número mínimo de medições reforça as diferenças de repetibilidade entre as variáveis TCH e TPH, evidenciando que o coeficiente de determinação aumenta progressivamente com o acréscimo do número de medições. Esse comportamento é esperado, uma vez que o aumento do número de avaliações melhora a acurácia das estimativas do coeficiente de determinação (Oliveira e Moura, 2010).

Para se alcançar um coeficiente de determinação de 90%, seriam necessárias aproximadamente seis medições para TCH, enquanto TPH demandaria cerca de onze medições para atingir o mesmo nível de confiabilidade (Tabela 3). Esse contraste confirma que TCH apresenta maior consistência e estabilidade entre as avaliações, reduzindo, portanto, o esforço experimental necessário para se obter estimativas precisas. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2018), que destacaram TCH e TPH como caracteres adequados para a seleção de genótipos superiores de cana-de-açúcar, embora TCH se mostre mais eficiente sob menor número de medições.

Tabela 3 – Estimativa do número mínimo de medições associadas a diferentes graus do coeficiente de determinação (R^2), a partir da repetibilidade estimada pelo método da análise de variância para características avaliadas em 20 genótipos de cana-de-açúcar.

R^2	Número de medições	
	TCH ⁽¹⁾	TPH ⁽²⁾
0,80	2,60	4,83
0,85	3,70	6,85
0,90	5,82	10,87
0,95	12,30	22,96
0,99	64,07	119,62

Fonte: Autor (2025).

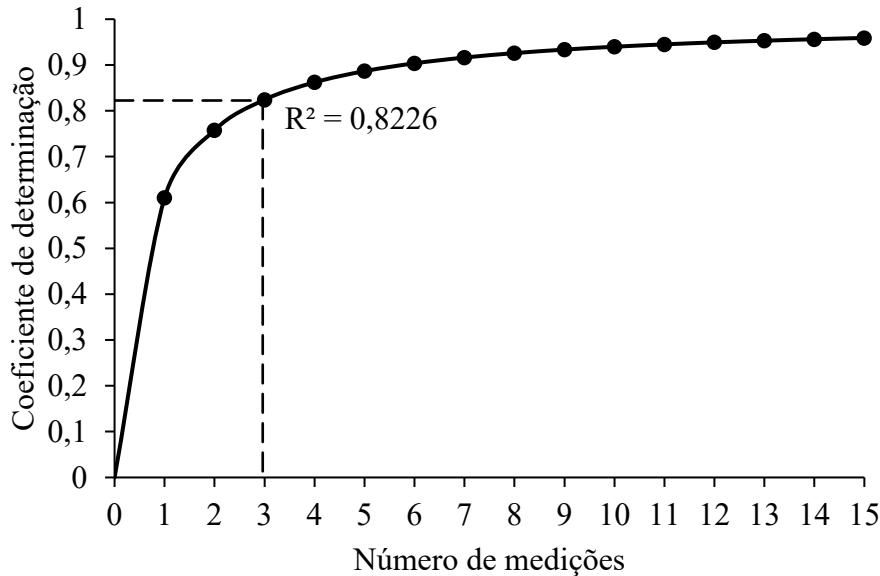
⁽¹⁾Tonelada de cana por hectare; ⁽²⁾Tonelada de Pol por hectare.

A Figura 1 ilustra a relação entre o número de medições e o coeficiente de determinação (R^2), que serve como uma medida de precisão experimental para a variável TCH, cuja repetibilidade foi estimada em 0,61. A análise da curva demonstra que, embora o aumento no número de medições resulte em maior precisão, o ganho é mais significativo nas primeiras medições. Como pode ser observado, a partir de cinco medições, a curva tende a se estabilizar.

Essa estabilização indica que, após esse ponto, os ganhos em precisão se tornam baixos corroborando os achados por Filho et al. (2012). Em outras palavras, adicionar mais medições ao experimento não resultaria em um aumento substancial da confiabilidade dos dados para a TCH, tornando o esforço e os recursos adicionais desnecessários. Um número menor de

avaliações é recomendado para caracteres com altos valores de coeficiente de determinação, dessa forma evita-se perda significativa na precisão da estimativa do valor real do genótipo e reduz os custos, mão-de-obra e tempo (Oliveira et al., 2025; Radaelli et al., 2018; Maia et al., 2017; Marçal et al., 2016).

Figura 1 – Estimativa do coeficiente de determinação, em função do número de medições, com base no coeficiente de repetibilidade para o caractere tonelada de cana por hectare.



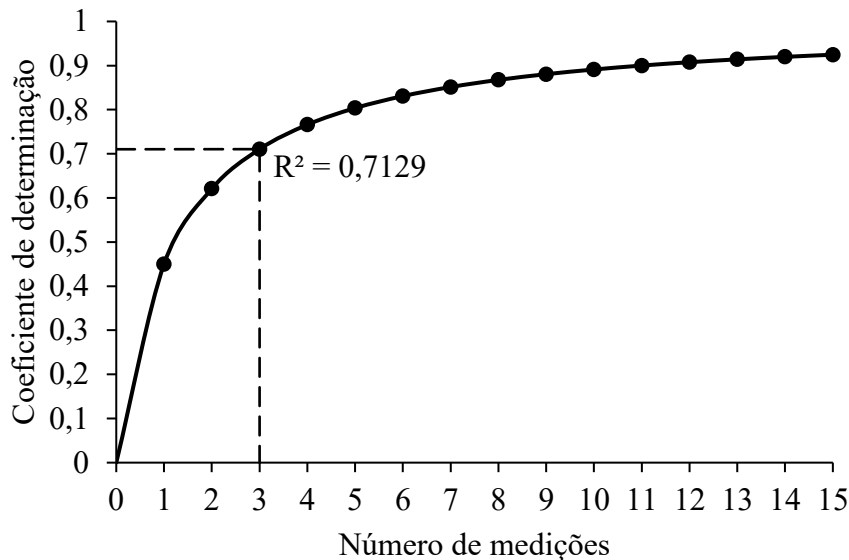
Fonte: Autor (2025).

Por outro lado, a Figura 2 ilustra a relação para a variável TPH, que apresentou um coeficiente de repetibilidade de 0,45. A análise da curva demonstra que, para atingir um nível de precisão semelhante ao de TCH próximo a 90% de confiabilidade, o caractere TPH demanda um número de medições significativamente maiores. Enquanto a curva para a TCH se estabilizou por volta de cinco medições, a curva para a TPH continua subindo de forma acentuada, indicando que a precisão ainda está aumentando de forma considerável. Esse comportamento reflete a menor repetibilidade de TPH. Para compensar e garantir a confiabilidade dos resultados, é necessário um esforço experimental maior, aumentando o número de medições.

Em estudos de repetibilidade com diferentes caracteres em outras culturas, diversos autores reportaram estimativas variáveis para o número mínimo de avaliações. Tal variação reforça que a utilização de características com alta repetibilidade é crucial, pois facilita e torna mais eficiente a seleção de genótipos superiores (Toupe et al., 2023; Oliveira et al., 2022; Duarte et al., 2022; Cunha et al., 2021).

Dessa forma, a análise de ambas as figuras reforça que a seleção de genótipos baseada na TCH é mais eficiente, pois permite um bom nível de confiabilidade com um número menor de medições, enquanto a TPH exige um planejamento experimental mais robusto para garantir a precisão.

Figura 2 – Estimativa do coeficiente de determinação, em função do número de medições, com base no coeficiente de repetibilidade para o caractere tonelada de Pol por hectare.



Fonte: Autor (2025).

4.6 Seleção de genótipos

Com base nos resultados (Tabela 4), o critério de Scott-Knott foi aplicado para o agrupamento de médias a 1% de probabilidade. A análise revelou que o caractere TCH apresentou diferenciação estatística significativa entre os genótipos, evidenciando a possibilidade de seleção de materiais promissores, enquanto o TPH demonstrou homogeneidade estatística.

Para TCH, o critério Scott-Knott classificou os materiais em duas categorias de desempenho. A categoria de maior produtividade incluiu doze genótipos: RB15774, RB14834, RB14888, RB087859, RB15745, RB14840, RB14854, RB15734, RB15792, a variedade padrão RB92579, RB14837 e RB14800. Já a categoria de desempenho inferior foi composta por oito genótipos, demonstrando uma produtividade menor e incluindo a variedade padrão RB943047, seguida pelos genótipos RB14862, RB15900, RB15782, RB15715, RB137033, RB14805 e RB14825.

Verifica-se que, entre os genótipos do grupo superior, RB15774 e RB14834 apresentaram as maiores médias para TCH. Entre todos os genótipos, RB15774 destacou-se por

apresentar o desempenho mais favorável em ambos os caracteres analisados, figurando como o principal destaque e entre os mais promissores para fins de seleção.

Tabela 4 – Capacidade mais provável de cada genótipo quanto tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de Pol por hectare (TPH).

Genótipo	Caracteres	
	TCH	TPH
RB15774	143,92a	18,31a
RB14834	139,18a	18,36a
RB14888	134,12a	17,06a
RB087859	132,49a	17,31a
RB15745	132,17a	17,33a
RB14840	131,84a	16,86a
RB14854	131,35a	16,93a
RB15734	131,19a	16,84a
RB15792	130,53a	16,92a
*RB92579	129,23a	17,31a
RB14837	128,74a	17,00a
RB14800	128,09a	16,58a
*RB943047	124,17b	16,63a
RB14862	123,68b	16,01a
RB15900	122,37b	15,88a
RB15782	120,74b	15,74a
RB15715	115,52b	15,22a
RB137033	112,91b	15,12a
RB14805	112,26b	15,36a
RB14825	110,62b	14,47a

Fonte: Autor (2025).

1. Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.
2. * Variedades padrão do Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar (PMGCA).

5. CONCLUSÕES

As estimativas dos parâmetros genéticos indicaram coeficiente de repetibilidade elevado (0,61) para tonelada de cana por hectare e moderado (0,45) para tonelada de Pol por hectare;

Os coeficientes de determinação foram 82,26% para tonelada de cana por hectare e 71,29% para tonelada de Pol por hectare;

A análise do número mínimo de medições mostrou que, para atingir 80% de confiabilidade na predição, são necessárias aproximadamente três medições para tonelada de cana por hectare e cinco medições para tonelada de Pol por hectare;

O caráter tonelada de cana por hectare revelou-se o critério mais eficiente para seleção, por demandar menor número de medições para assegurar elevada acurácia, o que contribui para redução de custos e tempo experimental;

A análise da capacidade mais provável e a comparação de médias pelo agrupamento de Scott-Knott indicaram o genótipo RB15774 como o mais promissor para seleção e avanço no programa de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEDROSA, C. E.; VALADARES, N. R.; ANDRADE, R. F.; SOUZA, J. R. S. Estudo da repetibilidade genética em clones de couve. **Horticultura Brasileira**, Viçosa/Brasília, v. 34, n. 1, p. 54–58, jan./mar. 2016.
- AZEVEDO, V. R.; WADT, L. H. O.; PEDROZO, C. A.; FONSECA, F. L.; RESENDE, M. D. V. Coeficiente de repetibilidade para produção de frutos e seleção de matrizes de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do estado do Acre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 135-144, jan./mar. 2020.
- BARBOSA, G. V. S. **Contribuição do melhoramento genético da cana-de-açúcar para agroindústria canavieira de Alagoas**. 2014. 113 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S.; BARBOSA, G. V. S.; OLIVEIRA, R. A. de; PETERNELLI, L. A.; DAROS, E. Genetic improvement of sugar cane for bioenergy: the Brazilian experience in network research with RIDESA. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, S2, p. 87-98, 2012.
- BARRETO, F. Z.; BALSALOBRE, T. W. A.; CHAPOLA, R. G.; GARCIA, A. A. F.; SOUZA, A. P.; HOFFMANN, H. P.; GAZAFFI, R.; CARNEIRO, M. S. Genetic variability, correlation among agronomic traits, and genetic progress in a sugarcane diversity panel. **Agriculture**, v. 11, n. 533, 2021.
- BARROS, I. de; THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; RESENDE, R. S.; MARAFON, A. C. Uso eficiente de recursos naturais e insumos no cultivo da cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018. (Comunicado Técnico, 216).
- CARGNIN, A. Repetibilidade e número de colheita de características para seleção de clones de variedades viníferas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 221-226, fev. 2016.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa, 2004. 307 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar**. Quarto levantamento Safra 2022/2023. Brasília: CONAB, 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar**. Quarto levantamento Safra 2023/2024. Brasília: CONAB, abr. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar**. Quarto levantamento Safra 2024/2025. Brasília: CONAB, abr. 2025.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CONSECANA-SP). *Manual de Instruções*. 5. ed. Piracicaba-SP, 2006. 112 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Biometria**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 514 p.

CUNHA, M. V. da; SANTOS, M. V. F. dos; MEDEIROS, A. S.; FREIRE, J. de L.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L. de; LIRA, C. C. Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus sp.* in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 56, e01937, 2021.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (ed.). **Sugarcane Improvement Through Breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987.

DUARTE, A. B.; FERREIRA, D. O.; SILVA, F. L. da. Repeatability and the optimal number of measurements for screening of soybean cultivars under water deficit. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 53, e20218025, 2022.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. O corpo das angiospermas: estrutura e desenvolvimento. In: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Raven: biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 525-636.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 761-767, ago. 2005.

FERREIRA, M. R.; MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. S.; NASCIMENTO, A. A.; JANK, L.; ASSIS, J. A. de; ALMEIDA, O. G. de; REIS, G. A. de; SANTOS, M. V.; SANTOS, M. F. Repeatability and genotypic stability of agronomic characteristics in *Panicum maximum* Jacq. **Chilean Journal of Agricultural Research**, [Santiago], v. 79, n. 4, p. 547-555, out./dez. 2019.

FILHO, A. C.; JUNIOR, R. L. do C. B.; LÚCIO, A. D. C. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 439-446, out./dez. 2012.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (org.). **Crop-water relations**. New York: John Wiley, 1983.

LUSH, J. L. **Animal Breeding Plans**. 3. ed. Iowa: Iowa State College Press, 1937.

LUSH, J. L. **Melhoramento genético dos animais domésticos**. Tradução de G. G. Carneiro, J. M. P. Memoria, G. Drummond. Rio de Janeiro: USAID, 1964. 570 p.

MAIA, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C. de; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, F. P.; YOKOMIZO, G. K. I.; ARAÚJO, L. B. de. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, RR, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan./mar. 2017.

MARÇAL, T. S.; GUILHEN, J. H. S.; OLIVEIRA, W. B. S.; FERREIRA, M. F. S.; RESENDE, M. D. V.; FERREIRA, A. Repeatability of biometric characteristics of juçara palm fruit. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 4, p. 890-898, jul./ago. 2016.

MATIAS, R. G. P.; BRUCKNER, C. H.; SILVA, D. F. P. da; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, J. O. da C. e. Repetibilidade de caracteres de fruto em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 4, p. 1001-1008, dez. 2015.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; CALHEIROS, G. G. Hibridação em cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (org.). **Hibridação artificial em plantas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. p. 221-254.

MEENA, M. R.; APPUNU, C.; ARUN KUMAR, R.; MANIMEKALAI, R.; VASANTHA, S.; KRISHNAPPA, G.; KUMAR, R.; PANDEY, S. K.; HEMAPRABHA, G. Recent Advances in Sugarcane Genomics, Physiology, and Phenomics for Superior Agronomic Traits. **Frontiers in Genetics**, v. 13, art. 854936, 2022.

MORAIS, L. K.; CURSI, D. E.; SANTOS, J. M. dos; CARNEIRO, M. S.; CÂMARA, T. M. M.; SILVA, P. A. e; BARBOSA, G. V.; HOFFMANN, H. P.; CHAPOLA, R. G.; FERNANDES JÚNIOR, A. R.; GAZAFFI, R. Melhoramento genético de cana-de-açúcar. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 38 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 200).

OLIVEIRA, M. do S. P. de; MOURA, E. F. Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 1173-1179, 2010.

OLIVEIRA, M. E. F. de; ANDRADE JÚNIOR, V. C. de; BRITO, O. G.; AZEVEDO, S. M.; SILVA, J. C. de O.; SILVA, E. A. da; AZEVEDO, A. M. Repeatability coefficient for the determination of the optimal number of harvests for the selection of zucchini hybrids. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, e03016, 2022.

OLIVEIRA, M. S. P. de; PERDIGÃO, I. L. C.; NAVEGANTES, D. Repetibilidade para caracteres de frutos e número de medições necessárias na avaliação de germoplasma de patauzeiro (*Oenocarpus bataua* Mart.). **Research, Society and Development**, v. 14, n. 6, e1614648954, 2025.

OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S.; DAROS, E. **50 anos de Variedades "RB" de Cana-de-Açúcar: 30 anos de RIDESA**. Curitiba: UFPR, RIDESA, 2021. 199 p.

RADAELLI, J. C.; PORTO, A. H.; WAGNER JÚNIOR, A.; DOMINGUES, L. S.; MAZARO, S. M.; CITADIN, I. Repeatability based on growth behavior of jaboticabeira tree genotypes. **Genetics and Plant Breeding**, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 46-52, 2018.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

SANTOS, M. S. M. dos; MADALENA, J. A.; SOARES, L.; FERREIRA, P. V.; BARBOSA, G. V. S. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 301-306, abr. 2004.

SILVA, H. D. C.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; DUTRA FILHO, J. A.; SIMÕES NETO, D. E. Repeatability of agroindustrial characters in sugarcane in different harvest cycles. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 49, n. 2, p. 275-282, abr./jun. 2018.

TOUPE, A. M. S.; LIMA, J. S.; SOUZA, I. O.; SOUZA, E. M.; PASSOS, A. R.; SILVA, L. C. C. Desempenho e repetibilidade de características de frutos de acessos de *Physalis angulata* L. 28 jun. 2023.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/>. Acesso em: 1 out. 2025.