

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**FÁBIA EDUARDA MANTOVANI**

**AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO EM EXPERIMENTOS COM A  
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**Ilha Solteira  
2022**

**FABIA EDUARDA MANTOVANI**

**AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO EM EXPERIMENTOS COM A  
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –  
Unesp como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Prof<sup>a</sup> Dra. Glauca Amorim Faria  
**Orientadora**

Beatriz Garcia Lopes  
**Coorientadora**

Ilha Solteira  
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

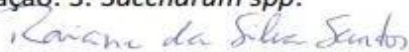
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M293a Mantovani, Fábيا Eduarda .  
Avaliação do coeficiente de variação na cultura da cana-de-açúcar / Fábيا Eduarda Mantovani. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
37 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -  
Universidade Estadual Paulista, 2022

Orientador: Glaucia Amorim Faria  
Co-orientador: Beatriz Garcia Lopes  
Inclui bibliografia

1. Produtividade. 2. Classificação da variação. 3. *Saccharum spp.*



**Raiane da Silva Santos**

Supervisora Técnica de Seção  
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação  
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

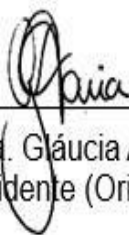
ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Avaliação do Coeficiente de Variação em Experimentos com a cultura da  
Cana-de-açúcar

ALUNO: FÁBIA EDUARDA MANTOVANI RA: 162054157

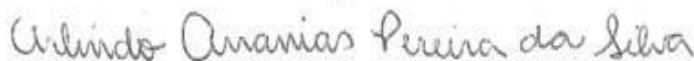
ORIENTADOR: Profa. Dra. Gláucia Amorim Faria

Aprovado ( x ) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora  
Comissão examinadora:



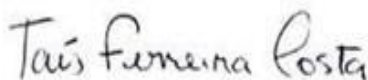
---

Profa. Dra. Gláucia Amorim Faria  
Presidente (Orientador)



---

Arlindo Ananias Pereira da Silva  
Doutorando Agronomia FEIS/UNESP



---

Tais Ferreira Costa  
Doutorando Agronomia FEIS/UNESP



---

Aluno: Fábيا Eduarda Mantovani

Ilha Solteira (SP) 10 de fevereiro de 2022.

**DEDICO**

Primeiramente, a Deus por ter me concedido a vida e aos meus pais queridos que sempre me apoiaram nessa longa jornada, me ensinando a ser honesta e determinada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente, por ter me dado força e amparo nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, Cristiane Pereira e Silvio Mantovani que sempre estiveram ao meu lado, me ensinando a ser grata e honesta em todas as circunstâncias da minha vida. A minha querida avó Maria Iraci que mesmo longe me ajudou com muito carinho.

A Prof<sup>a</sup> Dra. Glaucia Amorim Faria, por ser uma excelente profissional me ensinando com muita dedicação e paciência.

Aos discentes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais e ao Laboratório de Estatística Aplicada, pelos ensinamentos, apoio e companheirismo. Em especial, minha coorientadora Beatriz Garcia Lopes que com muito esforço dedicou seu tempo para me ajudar.

Ao Carlos Eduardo que sempre esteve do meu lado, me apoiando e me ajudando como um pai.

Aos amigos que conquistei durante essa trajetória.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

**Martin Luther King.**

## RESUMO

A cana-de-açúcar é uma gramínea de alto poder produtivo que movimenta 2% do PIB e é um dos pilares da economia brasileira, gerando a partir da sacarose a produção de açúcar e álcool. A realização de experimentos com cana-de-açúcar é crucial para se obter informações que auxiliem no aumento da produtividade e na qualidade da matéria-prima. Contudo, experimentos realizados de maneira incorreta podem comprometer a precisão dos resultados, o que pode acarretar conclusões equivocadas e conseqüentemente comprometer o manejo da cultura. O presente trabalho teve como objetivo recomendar uma tabela de classificação de coeficiente de variação (CV), utilizando os métodos propostos por Garcia, Judice, Costa e Pimentel-Gomes, a fim de levantar informações relevantes para contribuir com a melhor qualidade e precisão dos experimentos realizados. Para isso, os valores de CV foram coletados da literatura científica e foram realizados testes estatísticos para verificar anormalidade, aderência e heterogeneidade dos dados, permitindo assim, definir o melhor método de classificação para cada variável estudada. Os resultados mostraram que os dados estudados não se enquadraram na faixa de classificação de CV proposta por Pimentel-Gomes, contudo para os dados que apresentaram distribuição normal os métodos de Garcia, Judice et al. e Costa et al. foram os mais adequados. Já para os dados que apresentaram distribuição não normal, recomendou-se o método de Costa et al.

**Palavras-chave:** Produtividade; Classificação da Variação; *Saccharum sp*



## ABSTRACT

Sugarcane is a highly productive grass that moves 2% of PIB and is one of the pillars of the Brazilian economy, generating sugar and alcohol from sucrose. The performance of experiments with sugarcane is crucial to obtain information that assists to increase productivity and the quality of the raw material. However, experiments performed incorrectly can compromise the accuracy of the results, which can lead to wrong conclusions and consequently compromise the management of the culture. The present study aimed to recommend a coefficient of variation (CV) classification table using the methods proposed by Garcia, Judice, Costa, and Pimentel-Gomes, to gather relevant information to contribute to the best quality and precision of the experiments performed. For this, the CV values were collected from the scientific literature and statistical tests were performed to verify the normality, adherence, and heterogeneity of the data, thus allowing to define the best classification method for each variable studied. The results showed that the data studied did not fit into the range of CV classification proposed by Pimentel-Gomes, however for the data that presented normal distribution, the methods of Garcia, Judice et al., and Costa et al. were the most appropriate. As for the data that showed a non-normal distribution, the method by Costa et al.

**Key words:** Productivity; Variation classification; *Saccharum* sp

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação de CV proposto por Pimentel-Gomes (2009) .....	17
<b>Tabela 2.</b> Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) propostas pelos autores Pimentel-Gomes (2009), Garcia (1989), Judice <i>et al.</i> (1999), Costa <i>et al.</i> (2002) .....	20
<b>Tabela 3.</b> Testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para as variáveis estudadas .....	22
<b>Tabela 4.</b> Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Garcia (1989) para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009) .....	23
<b>Tabela 5.</b> Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Judice <i>et al.</i> (1999) para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009) .....	24
<b>Tabela 6.</b> Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Costa <i>et al.</i> (2002) em “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto” para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009).....	25
<b>Tabela 7.</b> Comparativo entre as faixas de classificação de coeficiente de variação obtidas pelos métodos utilizados.....	26
<b>Tabela 8.</b> Comparação de frequência dos resultados de coeficiente de variação (CV) para cada variável estudada com as classificações obtidas pelos métodos utilizados e os testes de aderência e heterogeneidade aplicados para cada variável.....	28
<b>Tabela 9.</b> Recomendação de classificação de coeficiente de variação para as variáveis estudadas.....	30

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1	Cana-de-açúcar.....	12
2.2	Estatística.....	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	19
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
5.	CONCLUSÃO .....	30
	REFERÊNCIAS .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar representa a maior cultura colhida do mundo em quantidade de produção (FAOSTAT, 2020), destacando-se entre os cultivos da família *Poaceae* L., como milho, trigo, arroz, sorgo e forrageiras. De acordo com o USDA (2021), a safra mundial 20/21 de cana-de-açúcar foi de 179,9 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por 22% deste volume. O país se destaca como maior produtor mundial, produzindo 654,5 milhões de toneladas na safra 20/21, o que resultou em 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol. Países como Índia, China, Tailândia, Paquistão e México são os outros cinco maiores produtores depois do Brasil (CONAB, 2021a).

O Brasil possui alta eficiência no setor sucroenergético, onde a indústria canieira vem apresentando crescimentos significativos ao longo dos anos (NEVES, 2014). O estado de São Paulo é o líder da produção nacional, com 54,1% do volume de cana colhido na safra 2020/21, resultando 63,2% do açúcar (26 milhões de toneladas) e 48,4% de etanol (14,3 bilhões de litros) no mesmo período, com mais de 150 usinas instaladas (FAOSTAT, 2020). Contudo, em função dos eventos climáticos que ocorreram na região centro-sul do Brasil em 2021, a estimativa da área plantada para safra 2021/22 é de 8,2 milhões de hectares, o que representa um decréscimo de 4,3% em relação à safra 2020/21 (CONAB, 2021b).

Além de instabilidade climática, a produção de cana-de-açúcar enfrenta outros obstáculos que comprometem diretamente a produtividade, sendo eles: ataque de pragas como a Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), Cigarrinhas das raízes (*Mahanarva fimbriolata*) e Bicudo da cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*); falta de conhecimento para uso de maturadores; baixo uso da biotecnologia (quando comparada às outras culturas); falta de aderência na aplicação dos insumos agrícolas; baixa eficiência no plantio e na colheita mecanizada, causando danos à soqueira e a perda da matéria-prima; entre outros (MOORE et al., 2017).

Neste cenário, a realização de experimentos com cana-de-açúcar é crucial para se obter informações que auxiliem no aumento da produtividade e na qualidade da matéria-prima. Contudo, é importante que os experimentos sejam planejados e executados de forma adequada para se obter resultados precisos, que de fato possam servir como base para a aplicação de novos processos no campo e nas indústrias, bem como auxiliar em pesquisas futuras (CRUZ et al., 2012).

Experimentos realizados de maneira incorreta podem comprometer a precisão dos resultados, o que pode acarretar conclusões equivocadas e conseqüentemente manejo incorreto da cultura. Para medir a precisão de um experimento existem métodos estatísticos para análise de dispersão de dados que ajudam a avaliar se um experimento foi conduzido corretamente e apresenta resultados confiáveis. Uma das ferramentas de avaliação é o coeficiente de variação (CV), que é uma forma de comparar estatisticamente os valores obtidos e expressar a variabilidade dos dados, excluindo a influência da ordem de grandeza da variável estudada (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Pimentel-Gomes (2009) propuseram faixas de classificação para o CV, podendo este ser “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”. Porém, as faixas propostas pelos autores são gerais, por tanto não devem ser destinadas a todos os tipos de experimentos, principalmente por não levarem em consideração as variáveis em estudo. Já os métodos desenvolvidos por Garcia (1989), Judice et al. (1999) e Costa et al. (2002) visam a formulação de novas faixas que levam em consideração os possíveis fatores que podem ocasionar os valores discrepantes dos experimentos, como por exemplo, o delineamento experimental, a cultura utilizada, idade de avaliação, número de repetições, tratamento, entre outros.

Existe uma série de testes estatísticos que podem auxiliar as pesquisas. A realização do teste de normalidade é muito importante, sendo que a distribuição normal é uma condição essencial para análise por vários métodos, como as estatísticas paramétricas. Quando a suposição de normalidade é invalidada, devem ser utilizados os testes não-paramétricos, visto que se for utilizada a técnica paramétrica, a interpretação e as inferências podem não ser seguras ou adequadas (LOPES et al., 2021).

O Teste de Qui-quadrado e o Teste Exato de Fisher podem ser utilizados para avaliar, por exemplo, a aderência e heterogeneidade dos resultados de um ou mais experimentos. O teste de Aderência é importante para verificar a adequabilidade de um modelo probabilístico a um conjunto de dados observados, enquanto o teste de Heterogeneidade testa se amostras diferentes em uma série de experimentos semelhantes são homogêneas ou não (BEIGUELMAN, 1996).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo recomendar uma tabela de classificação de CV utilizando os métodos propostos por Garcia (1989), Judice et al. (1999), Costa et al. (2002) e Pimentel-Gomes (2009), com experimentos voltados

à produtividade da cultura da cana-de-açúcar, a fim de levantar informações relevantes para contribuir com a melhor qualidade e precisão dos experimentos realizados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum sp*), consiste em um grupo de gramíneas perenes altas, formado por espécies do gênero *Saccharum*, nativas das regiões tropicais do sul da Ásia (FAO, 2009). Ao todo foram catalogadas dez espécies ou subgêneros, sendo os mais comuns *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barbera*, *S. robustum*. A partir do século XVIII ocorreram vários intercruzamentos entre espécies no mundo todo, assim a denominação *Saccharum sp.* é a mais utilizada para designar a cana-de-açúcar, pois atualmente, tanto espécies mestiças quanto cultivares comerciais são híbridos complexos (USDA, 2010).

As plantas de cana-de-açúcar variam de dois a seis metros de comprimento, possuem bainha vascular com nós e entrenós bem definidos, formando caules robustos, fibrosos, articulados, ricos em sacarose (MOORE et al., 2017). A sacarose, extraída e purificada em usinas, é utilizada como matéria-prima na indústria de alimentos ou fermentada para produção de etanol. A demanda mundial de açúcar é o principal condutor do cultivo de cana. A planta é responsável por 80% de todo açúcar consumido no mundo, sendo o restante obtido a partir da beterraba, principalmente em países da Europa (PARSAEE et al., 2019).

A cana-de-açúcar é cultivada em regiões tropicais e subtropicais, tendo como clima ideal um ciclo com duas estações distintas: uma estação quente e úmida (verão na América latina), importante para germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo; e uma seca e fria (inverno) para que ocorra maturação e acúmulo de sacarose nos colmos. Com exceção do açúcar, os produtos derivados da cana incluem melão, rum, cachaça, bagaço e etanol (MOORE et al., 2017).

A cultura possui ampla utilidade, podendo ser consumida *in natura*, produzir forragem para alimentação animal, matéria-prima para a fabricação de aguardente, produção de açúcar, álcool, rapadura, melado, entre outros. Além disso, os resíduos também são utilizados, como a vinhaça, que é empregada como fertilizante potássico

e o bagaço que pode ser utilizado para a cogeração de energia elétrica (PARSAEE et al., 2019).

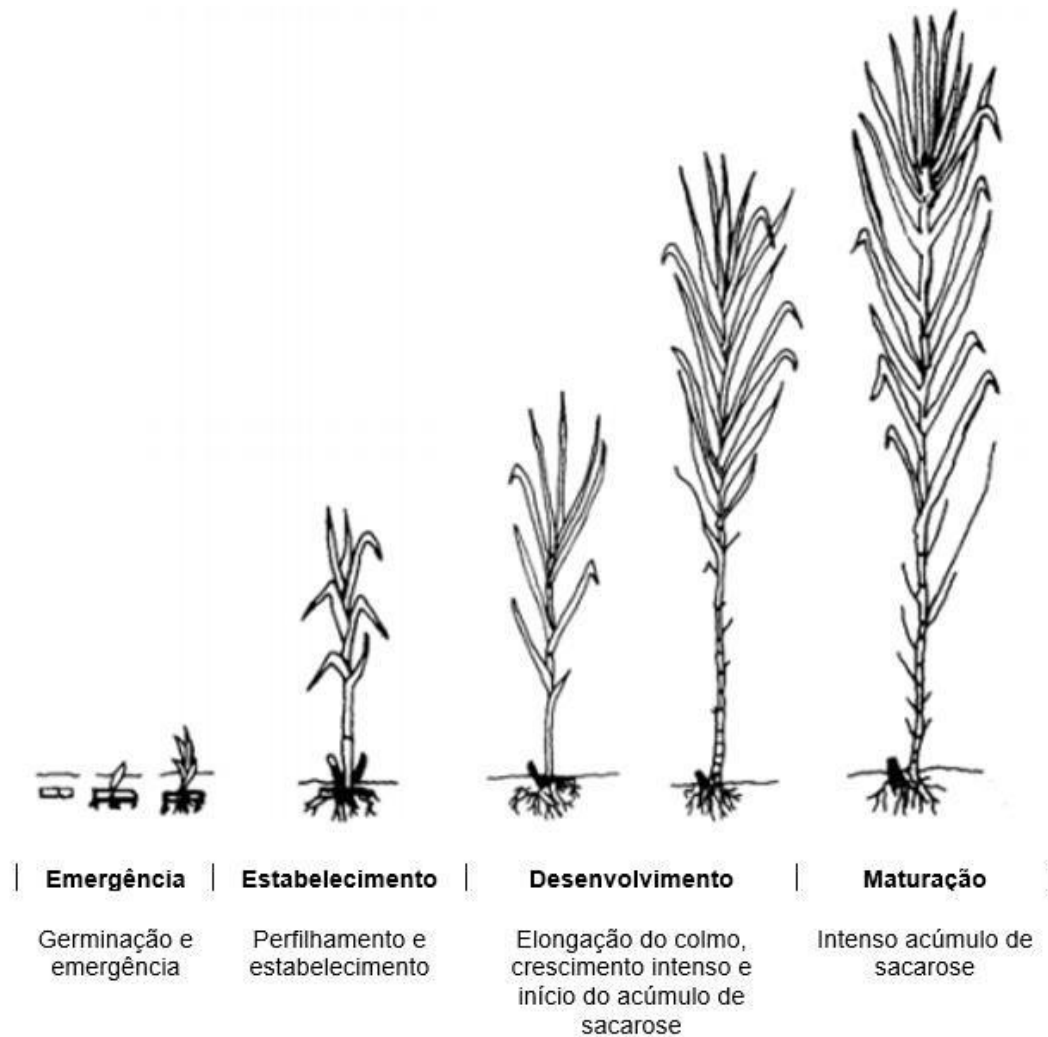
A cana-de-açúcar se desenvolve em forma de touceiras, sendo que a parte aérea é formada por colmos, folhas, inflorescências e sementes, enquanto a parte subterrânea é composta por raízes e rizomas (MOZAMBANI et al., 2006). As variedades se diferenciam pelo comprimento do internódio, pelo diâmetro do colmo, pela rigidez e pela coloração, sendo que as principais características desejadas a partir do melhoramento genético são rusticidade, longevidade, alta produtividade, alto teor de açúcar, alta resistência a doenças e pragas e diferentes intervalos de tempo para atingir a maturação (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2004).

A cana-de-açúcar pode ser plantada no sistema de cana-de-ano ou no sistema de cana-de-ano-e-meio. A cana-de-ano é plantada entre setembro e novembro, com colheita, cerca de 12 meses depois. Neste ciclo, a cana vegeta ativamente por cerca de 8 meses, ocorrendo o processo de maturação nos 4 meses finais, assim o canavial apresenta máxima taxa de crescimento entre novembro e abril, em virtude do longo fotoperíodo, da alta temperatura e da maior disponibilidade hídrica (OLIVEIRA, 2011). Já a cana-de-ano-e-meio é plantada entre janeiro e abril e colhida entre maio e novembro do ano seguinte, dependendo da época de maturação da variedade utilizada, permanecendo em média 18 meses no campo. Neste sistema, após seu estabelecimento, o canavial passa por uma espécie de período de repouso durante o inverno e, assim como na cana-de-ano, o período de maior crescimento é entre novembro e abril; contudo, como o canavial atinge este período já mais desenvolvido, responde mais rapidamente às condições ambientais favoráveis à cultura (MARCHIORI, 2004).

O ciclo da cana-de-açúcar pode ser dividido em 4 fases distintas, sendo elas: emergência, estabelecimento, desenvolvimento e maturação ( figura 1). A fase de estabelecimento da cultura envolve a formação das raízes e a emissão de folhas, assegurando a sobrevivência das plantas a partir da produção das suas próprias reservas. Nesta fase, um evento de extrema importância é o perfilhamento, que consiste em um processo fisiológico de ramificação responsável pela formação de novos colmos a partir de uma única planta, constituída de toletes ou colmos anteriormente formados. A intensidade do perfilhamento varia, principalmente, em função da variedade utilizada e do manejo adotado. Seu início é por volta de 40 dias após o plantio, podendo durar até 120 dias, sendo que fatores como luminosidade e

temperatura, influenciam nesse processo (BEIZUIDENHOUT et al., 2003; SUGUITANI, 2006).

Figura 1. Representação esquemática das fases fenológicas da cana-de-açúcar.



Fonte: Adaptado de Gascho & Shih (1983).

A fase de estabelecimento da cultura envolve a formação das raízes e a emissão de folhas, assegurando a sobrevivência das plantas a partir da produção das suas próprias reservas. Nesta fase, um evento de extrema importância é o perfilhamento, que consiste em um processo fisiológico de ramificação responsável pela formação de novos colmos a partir de uma única planta, constituída de toletes ou colmos anteriormente formados (MALAVOLTA et al., 1997). A intensidade do perfilhamento varia, principalmente, em função da variedade utilizada e do manejo adotado. Seu início é por volta de 40 dias após o plantio, podendo durar até 120 dias,



sendo que fatores como luminosidade e temperatura, influenciam nesse processo (BEIZUIDENHOUT et al., 2003; SUGUITANI, 2006).

Após a fase de estabelecimento, se inicia a fase de crescimento intenso dos colmos, que marca o desenvolvimento da cultura. Essa fase se inicia em aproximadamente 120 dias após o plantio, podendo durar até 270 dias (VILLENA et al., 2018). Durante essa fase, em condições climáticas favoráveis, a planta tem seu desenvolvimento estimulado utilizando a maioria dos fotoassimilados disponíveis, com pouca retenção de sacarose nos colmos. Caso esteja em condições que restringem seu desenvolvimento, o acúmulo de sacarose é estimulado, iniciando assim a fase de maturação. Ao final do ciclo da cultura, o crescimento é mais lento devido à redução na taxa de alongamento dos colmos, aumento da biomassa não-estrutural e redução do nitrogênio foliar (ALLISON et al., 2007).

A fase de maturação se inicia no período final do ciclo da cultura, quando o desenvolvimento vegetativo é desfavorecido por algum estresse ambiental, como deficiência hídrica, redução na irradiação solar e/ou temperaturas baixas. A maturação é o momento de acumulação máxima de produtos fotoassimilados nos órgãos de reservas das plantas, tendo a duração de 60 a 90 dias. Caso não haja condições ambientais para desencadear a maturação, pode ser feito o uso de maturadores como Ethephon, Trinexapaque-etílico, Bispiribaque-sódico, entre outros, para iniciar essa nova etapa. Quando as plantas atingem a maturação, é interessante que elas sofram estresse hídrico, o que reduz a taxa de crescimento vegetativo, desidratando a cana e forçando a transformação de todos os açúcares em sacarose recuperável (ROBERTO, 2015).

Nos parâmetros de produção agroindustrial, que visa o acúmulo de sacarose nos colmos, o florescimento é indesejado pois prejudica a retenção da sacarose à medida que mobiliza a energia para a produção de inflorescências, originando a chamada isoporização do colmo. Já para fins de cruzamento entre as plantas nos programas de melhoramento, o florescimento da cultura é de extrema importância. O florescimento é desencadeado após o solstício de verão, o qual apresenta fotoperíodo entre 12h e 12,5h e noites com temperaturas acima de 18°C, sendo que para a planta florescer, é necessário no mínimo 10 dias nestas condições (MARIN, 2014).

O planejamento das atividades envolvidas com a cultura da cana-de-açúcar, desde o plantio até a colheita, é uma etapa muito importante na sua exploração econômica, definindo uma série de técnicas a serem adotadas, como a aplicação de

insumos, aquisição de máquinas e implementos, escolha de variedades, entre outras (SILVA JUNIOR e CARVALHO, 2010). Dessa forma, a experimentação agrícola é de extrema importância para o setor canavieiro, pois a partir de seus resultados é possível obter informações que podem auxiliar no aumento da produtividade, na qualidade da matéria-prima e na eficiência dos processos utilizados nas indústrias (COUTO et al., 2013).

No entanto, na avaliação e interpretação dos resultados estatísticos obtidos através da experimentação, é recomendável a exploração de todas as informações disponíveis para que o pesquisador, ao tomar suas conclusões, esteja o mais seguro e correto possível. A análise de dados se torna mais informativa quando se obtém, além da média, algumas medidas de dispersão ou de variabilidade (GARCIA, 1989).

## **2.2 Estatística**

A precisão de um experimento é medida pelas magnitudes do erro experimental, definido por Steel et al., (1996) como a variação devido ao efeito de fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso. Pequenas variações em unidades experimentais, antes de aplicar os tratamentos, causam heterogeneidade entre as parcelas, também conhecida como variação ambiental ou erro experimental (RAMALHO et al., 2012).

A existência de um coeficiente que estima a precisão experimental é crucial, especialmente na comparação de artigos científicos. Para comparar a precisão experimental de diferentes experimentos, geralmente é aplicado o coeficiente de variação experimental (CV) (SCAPIM et al., 1995). O CV é entendido como a estimativa do erro experimental em porcentagem da estimativa da média. É uma das medidas mais usadas em estatística por pesquisadores na avaliação da precisão do experimento (STEEL et al., 1996).

Segundo Garcia (1989), é importante analisar o CV porque ao obter medidas de dispersão ou variabilidade, a análise se torna mais informativa. O autor enfatiza a necessidade de avaliar não só a variável em questão, mas também a natureza dos dados e o tipo de experimento implementado, além do número de repetições usadas no experimento. A importância das tabelas de classificação de CV também é destacada, porque são usadas como referência para o pesquisador verificar se os resultados obtidos estão em uma faixa de valores esperados, o que pode refletir em uma boa precisão da análise.

Pimentel-Gomes (2009) propuseram uma forma de classificar o CV obtido nos experimentos (Tabela 1). Contudo, este modelo proposto é geral e destinado para todos os tipos de experimentos, sem levar em consideração as peculiaridades de cada ensaio.

**Tabela 1.** Classificação de CV proposto por Pimentel-Gomes (2009).

<b>Classes</b>	<b>CV</b>
Baixo	< 10%
Médio	10% a 20%
Alto	20% a 30 %
Muito Alto	> 30%

**Fonte:** Pimentel-Gomes (2009).

A avaliação do CV foi realizada em vários tipos de culturas, com alguns métodos propostos para obter faixas de classificação que, em contrapartida aométodo proposto por Pimentel-Gomes (2009), levam em consideração as variáveis do experimento (GARCIA, 1989 com espécies dos gêneros pinus e eucalipto; JUDICE et al., 1989 com bovinos de corte; SCAPIM et al., 1995 com milho; AMARAL et al., 1997 com citros; COSTA et al., 2002 com arroz; CRUZ et al., 2012 com tomate; SCHMILDT et al., 2017 com alface; LOPES et al., 2021 com eucalipto). Contudo, especificamente para a cultura da cana-de-açúcar, os estudos para a avaliação e obtenção de faixas de classificação de CV ainda são incipientes.

Couto et al. (2013) realizaram um estudo com o objetivo de determinar as faixas de classificação do coeficiente de variação para as variáveis toneladas de colmos por hectare, toneladas de pol por hectare e porcentagem de sacarose, de acordo com a metodologia proposta por COSTA et al. (2002) em experimentos com cana-de-açúcar. Os resultados mostraram que a magnitude dos coeficientes de variação obtida nos experimentos com cana-de-açúcar varia de acordo com a natureza das variáveis. Segundo os autores, todas as variáveis apresentaram faixas de classificação específicas, evidenciando a necessidade de se considerar, na classificação dos coeficientes de variação, a natureza da variável estudada.

Além do CV, há outros testes estatísticos que podem ser utilizados em pesquisas que têm como objetivo comparar condições experimentais, eles fornecem

respaldo científico para que as pesquisas tenham validade e aceitabilidade no meio científico. A normalidade dos dados é uma das suposições frequentemente utilizadas para determinar que tipo de teste estatístico será empregado. Para que as conclusões sejam precisas, o tipo de teste estatístico deve ter uma boa representação para os dados coletados (NASCIMENTO et al., 2015).

Dentre as opções para se verificar se uma distribuição é normal, o histograma, *boxplot* e o gráfico de dispersão normal Q-Q *plot* são normalmente usados, no entanto, eles não informam se a distribuição está próxima suficiente da normalidade. Portanto, para dar suporte às análises gráficas, métodos objetivos são necessários para determinar se uma distribuição é normal ou não. Dentre os testes comumente utilizados, estão os de Shapiro-Wilk (SW) e Kolmogorov-Smirnov (KS) (BARROS et al., 2012).

Os testes estatísticos podem ser divididos em paramétricos e não-paramétricos. Nos testes paramétricos os valores da variável estudada devem ter distribuição normal ou aproximação normal. Já os testes não-paramétricos, também chamados por testes de distribuição livre, não têm exigências quanto ao conhecimento da distribuição da variável na população (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Quando a distribuição não normal ocorre, é necessário realizar o teste de Qui-quadrado de aderência (ou de ajustamento) para testar a hipótese nula de que a distribuição das observações é normal, contra a hipótese alternativa de que não é, e verificar se a aderência do modelo ou o grau com que o modelo estatístico representa os dados é adequado (PINO, 2014).

Além disso, para identificar se as amostras diferentes em uma série de experimentos semelhantes são homogêneas ou não, são aplicadas técnicas estatísticas com o propósito de verificar se as diferenças observadas nos resultados podem ser explicadas ou não pelo acaso. O teste do Qui-quadrado é um dos mais empregados para avaliar a significância da heterogeneidade, sendo convencionado um nível de significância mais conservador de  $p < 0,10$  ao invés do usual de  $p < 0,05$ . (PEREIRA e GALVÃO, 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Estatística Aplicada da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (LEA/FEIS) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. O banco de dados foi construído através de artigos científicos voltados a produtividade da cultura da cana-de açúcar. Esses trabalhos foram coletados na literatura através do Google Acadêmico e do Portal de Periódicos CAPES/MEC, com o auxílio das palavras-chave: Produtividade, Classificação da variação e *Saccharum sp.* Foram utilizados 101 artigos nacionais e internacionais publicados no período de 2011 a 2021.

Nesses artigos científicos foram coletados os valores de coeficiente de variação das variáveis: (i) tonelada de cana por hectare (TCH), um total de 58 amostras; (ii) tonelada de POL por hectare (TPH) um total de 84 amostras, (iii) sólidos solúveis totais (Brix), com 63 amostras, (iv) teor de sacarose aparente (POL), com 84 amostras, (v) pureza da cana, 54 amostras, (vi) fibra, 72 amostras, (vii) açúcar total recuperável (ATR), 64 amostras, (viii) matéria seca (MS), 6 amostras.

Os coeficientes de variação podem ser obtidos pela Equação 1, contudo, para se estabelecer os limites de classes de coeficiente de variação no presente trabalho foram utilizados os métodos de Garcia (1989), Judice et al. (1999) e Costa et al. (2002), comparados aos limites de classes de CV propostos por Pimentel-Gomes (2009) (Tabela 2).

$$CV = \frac{s}{m} \times 100 \quad (1)$$

sendo,  $s$  o desvio padrão e  $m$  a média estimada.

**Tabela 2.** Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) propostas pelos autores Pimentel-Gomes (2009), Garcia (1989), Judice *et al.* (1999), Costa *et al.* (2002).

<b>Garcia (1989)</b>	
Baixo	$CV \leq (\underline{CV} - S)$
Médio	$(\underline{CV} - S) < CV \leq (\underline{CV} + S)$
Alto	$(\underline{CV} + S) < CV \leq (\underline{CV} + 2S)$
Muito Alto	$CV > (\underline{CV} + 2S)$
<b>Judice <i>et al.</i> (1999)</b>	
Baixo	$CV \leq CVQ (15,87\%)$
Médio	$CVQ (15,87\%) < CV \leq CVQ (84,13\%)$
Alto	$CVQ (84,13\%) < CV \leq CVQ (97,72\%)$
Muito Alto	$CV > CVQ (97,72\%)$
<b>Costa <i>et al.</i> (2002)</b>	
Baixo	$CV \leq (Md - 1PS)$
Médio	$(Md - 1PS) < CV \leq (Md + 1PS)$
Alto	$(Md + 1PS) < CV \leq (Md + 2PS)$
Muito Alto	$CV > (Md + 2PS)$
<b>Pimentel-Gomes (2009)</b>	
Baixo	$< 10\%$
Médio	$10\% \text{ a } 20\%$
Alto	$20\% \text{ a } 30\%$
Muito Alto	$> 30\%$

CV: coeficiente de variação,  $\underline{CV}$ : coeficiente de variação médio, S: desvio padrão, CVQ: coeficiente de variação no quantil, Md: mediana, PS: pseudo-sigma.

O método proposto por Garcia (1989) considera o coeficiente de variação médio ( $\underline{CV}$ ) e a soma ou subtração do desvio padrão (S) da variável para a determinação dos limites de classes de CV. O método proposto por Judice *et al.* (1999) é uma derivação do modelo de Garcia (1989), utilizando a técnica dos quantis. Nesse método considera-se que os pontos estabelecidos por Garcia (1989) são equivalentes aos quantis: (i)  $\underline{CV} - S$  é equivalente ao quantil 15,87%, (ii)  $\underline{CV} + S$  é equivalente ao quantil 84,13%, e (iv)  $\underline{CV} + 2S$  é equivalente ao quantil 97,12%. Já o método de Costa *et al.* (2002) estabelece os limites de classes de CV utilizando a mediana (Md) e pseudo-sigma (PS) (Equação 2).

$$PS = \frac{IQR}{1,35} \quad (2)$$

sendo IQR a amplitude interquartilica ( $Q_3-Q_1$ ), sendo primeiro ( $Q_1$ ) e terceiro quartil ( $Q_3$ ), os que delimitam 25% de cada extremidade da distribuição, medida resistente que indica o quanto os dados estão distantes da mediana.

A análise de normalidade dos dados foi feita utilizando dois testes paramétricos que são comumente aplicados: Kolmogorov-Smirnov (1933;1936) e Shapiro-Wilk (1965). Os CVs dos experimentos foram classificados em faixas de acordo com cada método, independentemente do resultado dos testes de normalidade e, para maior robustez da análise, as tabelas para cada método foram comparadas em relação à frequência de valores dos dados originais pelo teste de aderência, para comparar a distribuição normal, e pelo teste de heterogeneidade, para verificar as diferenças entre os métodos.

O teste de aderência foi realizado utilizando o teste do Qui-quadrado ( $X^2$ ) (PEARSON, 1900), que é um teste não paramétrico que avalia quantitativamente a relação entre o resultado de um experimento e a distribuição esperada para o fenômeno estudado ou, dependendo do tamanho da amostra, através do teste exato de Fisher (FISHER, 1922), que tem como objetivo testar se as variáveis estudadas são independentes. A distribuição de frequências esperadas utilizada foi: baixa - 15,9%, média - 68,3%, alta - 13,6% e muito alta - 2,3% (DE MESQUITA LOPES, BRANCO e SOARES, 2013).

O teste do Qui-quadrado foi usado quando as células tinham valores maiores ou iguais a 6 e o número de amostras era maior que 40. Quando as células tinham valores inferiores a 5 e o número de amostras inferior a 40, foi utilizado o teste exato de Fisher, já que este é comumente empregado para amostras pequenas (FONTELLES, 2012). Dessa forma, foi calculada a aderência para todas as variáveis utilizando o teste do Qui-quadrado, exceto para a variável MS, em que se utilizou o teste exato de Fisher. Além disso, para verificar as diferenças entre os métodos, o teste do Qui-quadrado e o teste exato de Fisher também foram utilizados para calcular a heterogeneidade para cada variável.

Após a realização dos testes, foi elaborada uma tabela para recomendação do melhor método. Para a escolha do método recomendado, primeiramente avaliou-se o teste de aderência para verificar se o método utilizado para o cálculo do CV de determinada variável se assemelhou ou não à normal. Posteriormente, a partir do teste de heterogeneidade, foi possível verificar se havia diferenças entre os métodos utilizados e, nos casos em que eles não apresentaram diferença, o melhor método foi

escolhido com base no maior valor de aderência. Além disso, nos casos em que nenhum método se assemelhou a normal no teste de aderência, foram utilizados os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (1933;1936) e Shapiro-Wilk (1965) para embasar a decisão.

As análises estatísticas foram realizadas usando o Microsoft Excel e R versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS), as variáveis TCH, TPH, Brix, Pureza e MS apresentaram distribuição normal; enquanto as variáveis POL, ATR e Fibra apresentaram distribuição fora da normalidade (Tabela 3). Para o teste de Shapiro-Wilk (SW), apresentou distribuição normal apenas a variável MS, e as demais variáveis apresentaram distribuição não normal, ao nível de significância de 5%, sugerindo que as variáveis fossem analisadas por metodologias adequadas de acordo com a distribuição, portanto, as frequências observadas e esperadas podem ou não apresentar igualdade em cada método utilizado (Tabela 3).

**Tabela 3.** Testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para as variáveis estudadas.

Variável	Testes				Distribuição
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk		
	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor	
TCH	0,097733	0,6367	0,89798	<0,001	Não normal
TPH	0,15508	0,3521	0,8600	<0,001	Não normal
Brix	0,15085	0,1137	0,83257	<0,001	Não normal
POL	0,1254	<0,001	0,85992	<0,001	Não normal
Pureza	0,20687	0,06967	0,77041	<0,001	Não normal
Fibra	0,2706	<0,001	0,56327	<0,001	Não normal
ATR	0,17257	0,0442	0,82191	<0,001	Não normal
MS	0,29769	0,7779	0,2468	0,1543	Normal

TCH: Tonelada de cana por hectare, TPH: Tonelada de POL por hectare, Brix: Sólidos solúveis totais, POL: Teor de sacarose aparente, ATR: Açúcar total recuperável, MS: Matéria seca.

O método de Pimentel-Gomes (2009) apresentou uma faixa de classificação de CV coerente do método de Garcia (1989), para a faixa de classificação “baixo”. Para essa faixa de classificação, os valores de CV variaram de 0,93 a 7,72, sendo que o método de Pimentel-Gomes (2009) classificou o CV como “baixo” para valores



inferiores a 10%. A variável TCH está variando de 5,73% a 23,10%, onde as faixas de classificação CV não corroboram com as faixas de Pimentel-Gomes (2009), uma vez que, “médio” para Pimentel-Gomes é de 10% a 20%, enquanto para Garcia é 5,73% a 17,31%. O mesmo ocorre com as variáveis TPH, Brix, POL, Pureza, Fibra e ATR que variam de 6,07% a 40,49% para a faixa de classificação “alto”, não corroborando com a faixa definida por Pimentel-Gomes, que vai de 20% a 30%. Já para muito “alto”, a variável MS é a única que apresenta valor maior que 30%, como especificado por Pimentel-Gomes (Tabela 4).

**Tabela 4.** Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Garcia (1989) para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009).

Variável	<u>CV</u> *	S*	Baixo	Médio %	Alto	Muito Alto
TCH	11,52	5,79	< 5,73	5,73 a 17,31	17,31 a 23,1	> 23,10
TPH	12,98	5,26	< 7,72	7,72 a 18,24	18,24 a 23,5	> 23,50
Brix	4,05	2,02	< 2,03	2,03 a 6,07	6,07 a 8,09	> 8,09
POL	5,46	2,98	< 2,48	2,48 a 8,44	8,44 a 11,42	> 11,42
Pureza	3,57	2,64	< 0,93	0,93 a 6,21	6,21 a 8,85	> 8,85
Fibra	4,75	2,14	< 2,61	2,61 a 6,89	6,89 a 9,03	> 9,03
ATR	5,35	2,85	< 2,50	2,50 a 8,20	8,2 a 11,05	> 11,05
MS	15,41	12,54	< 2,87	2,87 a 27,95	27,95 a 40,49	> 40,49
<b>Pimentel-Gomes (2009)</b>			<b>&lt; 10</b>	<b>10 a 20</b>	<b>20 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>

\* Coeficiente de variação médio, \*\* Desvio padrão.

O método de Judice *et al.* (1999), assim como o método de Garcia (1989), foi coerente com o método de Pimentel-Gomes (2009) para a faixa de classificação “baixo”, uma vez que os valores obtidos foram menores que 10%. Para a faixa de classificação “médio”, as variáveis TCH, TPH, Brix, Pol, Pureza e MS variaram de 1,10% a 29,16% e para “alto” de 4,82% a 33,71%, valores estes que diferem das faixas propostas por Pimentel-Gomes de 10% a 20% para “médio” e 20% a 30% para “alto”. A variável MS, assim como proposto por Garcia (1989), é a única que apresenta valor muito “alto” maior que 30% (33,71%), corroborando com Pimentel-Gomes (Tabela 5).

**Tabela 5.** Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Judice *et al.* (1999) para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009).

Variável	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
			%	
TCH	< 4,65	4,65 a 15,86	15,86 a 18,34	> 18,34
TPH	< 6,13	6,13 a 17,36	17,36 a 20,07	> 20,07
Brix	< 1,66	1,66 a 5,61	5,61 a 6,48	> 6,48
POL	< 2,16	2,16 a 8,14	8,14 a 9,42	> 9,42
Pureza	< 1,10	1,10 a 4,82	4,82 a 5,58	> 5,58
Fibra	< 2,06	2,06 a 6,51	6,51 a 7,52	> 7,52
ATR	< 2,22	2,22 a 7,25	7,25 a 8,38	> 8,38
MS	< 3,77	3,77 a 29,16	29,16 a 33,71	> 33,71
<b>Pimentel-Gomes (2009)</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>10 a 20</b>	<b>20 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>

Para a faixa de classificação “baixo”, o método de Costa *et al.* (2002), assim como os métodos de Judice *et al.* (1999) e Garcia (1989), corroborou com Pimentel-Gomes (2009), uma vez que apresentou valores menores que 10%. Para a faixa de classificação “médio”, as variáveis Brix, Pol, Pureza, Fibra e ATR, variaram de 0,76% a 8,87%, valores estes abaixo da classificação de 10% a 20% estabelecida por Pimentel-Gomes. Para “alto”, estas variáveis apresentaram o mesmo comportamento, variando entre 4,54% e 10,57%, ficando abaixo da faixa proposta por Pimentel-Gomes de 20% a 30%. Em contrapartida, a variável MS ficou acima dos valores definidos por Pimentel-Gomes, variando de 31,37% a 46,22% para a faixa de classificação “alto”. Novamente, assim como no método de Garcia e Judice *et al.*, a variável MS foi a única que apresentou valor maior que 30% para a faixa de classificação muito “alto”, corroborando com Pimentel-Gomes (Tabela 6).

**Tabela 6.** Faixas de classificação de coeficiente de variação (CV) de acordo com Costa *et al.* (2002) em “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto” para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS) em experimentos com cana de açúcar, e a classificação de Pimentel-Gomes (2009).

Variável	CV <sub>med</sub> *	PS**	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	%		%	%	%	%
TCH	10,75	5,05	< 5,70	5,70 a 15,80	15,8 a 20,85	> 20,85
TPH	11,43	4,31	< 7,12	7,12 a 15,74	15,74 a 20,05	> 20,05
Brix	3,41	1,76	< 1,65	1,65 a 5,17	5,17 a 6,93	> 6,93
POL	4,85	2,86	< 1,99	1,99 a 7,71	7,71 a 10,57	> 10,57
Pureza	2,65	1,89	< 0,76	0,76 a 4,54	4,54 a 6,43	> 6,43
Fibra	5,02	1,90	< 3,12	3,12 a 6,92	6,92 a 8,82	> 8,82
ATR	4,67	2,20	< 2,47	2,47 a 8,87	8,87 a 9,07	> 9,07
MS	16,52	14,85	< 1,67	1,67 a 31,37	31,37 a 46,22	> 46,22
<b>Pimentel-Gomes (2009)</b>			<b>&lt; 10</b>	<b>10 a 20</b>	<b>20 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>

\* coeficiente de variação mediana, \*\*pseudo-sigma.

Os coeficientes de variação dos quatro métodos foram agrupados na Tabela 7. É possível observar que na faixa que se compreende a classificação “baixo”, todos os métodos apresentaram uma faixa de classificação inferior a 10%. Já para a classificação “médio”, “alto” e “muito alto” os métodos de Garcia (1989), Judice et al. (1999), e Costa et al. (2002) apresentaram faixas de valores muito próximas entre si e muito distantes do método de Pimentel-Gomes (2009). O método de Pimentel-Gomes (2009) apresentou mais de 90% dos coeficientes de variação na faixa de classificação “baixo” para as variáveis Brix, POL, pureza, fibra e ATR. Enquanto os demais métodos oscilaram entre 45,83% e 84,13% para as mesmas variáveis.

**Tabela 7.** Comparativo entre as faixas de classificação de coeficiente de variação obtidas pelos métodos utilizados.

Variável	Método	Baixo %	Médio %	Alto %	Muito Alto %
	1	<10	10 a 20	20 a 30	>30
TCH	2	< 5,73	5,73 a 17,31	17,31 a 23,10	> 23,10
	3	< 4,65	4,65 a 15,86	15,86 a 18,34	> 18,34
	4	< 5,70	5,70 a 15,80	15,8 a 20,85	> 20,85
TPH	2	< 7,72	7,72 a 18,24	18,24 a 23,5	> 23,50
	3	< 6,13	6,13 a 17,36	17,36 a 20,07	> 20,07
	4	< 7,12	7,12 a 15,74	15,74 a 20,05	> 20,05
Brix	2	< 2,03	2,03 a 6,07	6,07 a 8,09	> 8,09
	3	< 1,66	1,66 a 5,61	5,61 a 6,48	> 6,48
	4	< 1,65	1,65 a 5,17	5,17 a 6,93	> 6,93
POL	2	< 2,48	2,48 a 8,44	8,44 a 11,42	> 11,42
	3	< 2,16	2,16 a 8,14	8,14 a 9,42	> 9,42
	4	< 1,99	1,99 a 7,71	7,71 a 10,57	> 10,57
Pureza	2	< 0,93	0,93 a 6,21	6,21 a 8,85	> 8,85
	3	< 1,10	1,10 a 4,82	4,82 a 5,58	> 5,58
	4	< 0,76	0,76 a 4,54	4,54 a 6,43	> 6,43
Fibra	2	< 2,61	2,61 a 6,89	6,89 a 9,03	> 9,03
	3	< 2,06	2,06 a 6,51	6,51 a 7,52	> 7,52
	4	< 3,12	3,12 a 6,92	6,92 a 8,82	> 8,82
ATR	2	< 2,5	2,50 a 8,20	8,20 a 11,05	> 11,05
	3	< 2,22	2,22 a 7,25	7,25 a 8,38	> 8,38
	4	< 2,47	2,47 a 8,87	8,87 a 9,07	> 9,07
MS	2	< 2,87	2,87 a 27,95	27,95 a 40,49	> 40,49
	3	< 3,77	3,77 a 29,16	29,16 a 33,71	> 33,71
	4	< 1,67	1,67 a 31,37	31,37 a 46,22	> 46,22

1- Pimentel-Gomes (2009), 2- Garcia (1989), 3- Judice *et al.* (1999), e 4- Costa *et al.* (2002). Para as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de POL por hectare, Brix, POL, pureza, açúcar total recuperável (ATR), matéria seca (MS).

Pelo teste de aderência, às variáveis responderam de modo diferente a cada método, em algumas situações aceitou-se a hipótese nula (frequências observadas iguais às frequências esperadas), ou seja, valores de CV seguindo uma distribuição normal (CRUZ *et al.*, 2012). Apresentaram distribuição normal as variáveis: (i) TCH pelos métodos de Garcia (1989) e Costa *et al.* (2002); (ii) TPH e ATR pelos métodos de Garcia (1989), Judice *et al.* (1999) e Costa *et al.* (2002); e (iii) POL apenas pelo método de Garcia (1989). A variável MS apresentou distribuição normal para os quatro métodos, corroborando os resultados de normalidade obtidos pelos testes de KS e SW, enquanto as variáveis Brix, Fibra e Pureza apresentaram distribuição não normal para todos os métodos de classificação de CV (Tabela 8).

O teste de heterogeneidade revelou que para as variáveis TCH e POL não houve diferenças significativas entre os métodos 2 (Garcia, 1989) e 3 (Judice *et al.*,

1999), e entre 2 (Garcia, 1989) e 4 (Costa et al., 2002), indicando semelhança entre as proporções de coeficientes de variação nas faixas de classificação entre esses métodos. Para a variável ATR e TPH não houve diferença significativa entre os métodos 2 e 3, 2 e 4, e 3 e 4. Desse modo, afere-se que quando os testes não apresentaram diferença significativa, não há diferença estatística em relação aos limites “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto” para os métodos de classificação de CV (CRUZ et al., 2012). Se não existirem diferenças estatísticas, qualquer um dos métodos para a classificação de faixas de coeficiente de variação pode ser usado para os dados analisados (Tabela 8). No entanto, adotou-se o maior valor de aderência como critério de escolha do melhor método, em caso de mais de um teste não ter apresentado diferença significativa no teste de heterogeneidade (Tabela 8).

**Tabela 8.** Comparação de frequência dos resultados de coeficiente de variação (CV) para cada variável estudada com as classificações obtidas pelos métodos utilizados e os testes de aderência e heterogeneidade aplicados para cada variável.

Var	Met	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	ADE	HET		
							1	2	3
						%			
TCH	1	43,1	51,7	3,45	1,72	31,44*	-	-	-
	2	13,8	74,1	6,9	5,17	6,34 <sup>ns</sup>	58,3*	-	-
	3	6,9	75,9	10,3	6,90	12,68*	95,0*	2,8 <sup>ns</sup>	-
	4	13,8	65,5	15,5	5,17	4,34 <sup>ns</sup>	66,3*	6,3 <sup>ns</sup>	15,5*
TPH	1	4,9	33,6	18,8	16,8	8,95*	-	-	-
	2	9,8	33,6	19,8	37,9	3,85 <sup>ns</sup>	51,3*	-	-
	3	7,3	16,8	18,0	25,2	5,52 <sup>ns</sup>	95,0*	0,7 <sup>ns</sup>	-
	4	2,4	105,1	12,2	8,4	4,52 <sup>ns</sup>	48,0*	0,7 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
Brix	1	96,8	3,2	0,0	0,0	79,62*	-	-	-
	2	6,4	81,0	6,4	6,4	16,86*	83,0*	-	-
	3	1,6	81,0	4,8	12,7	62,58*	49,4*	6,5 <sup>ns</sup>	-
	4	1,6	82,5	6,4	9,5	37,75*	62,0*	3,5 <sup>ns</sup>	6,0 <sup>ns</sup>
POL	1	94,1	6,0	0,0	0,0	71,15*	-	-	-
	2	9,5	77,4	9,5	3,6	4,36 <sup>ns</sup>	64,1*	-	-
	3	4,8	78,6	10,7	6,0	12,52*	61,8*	2,8 <sup>ns</sup>	-
	4	6,0	72,6	15,5	6,0	10,07*	8,4*	6,8 <sup>ns</sup>	8,4*
Pureza	1	5,0	4,0	52,0	0,0	35,20*	-	-	-
	2	1,9	83,3	5,6	9,3	26,19*	78,0*	-	-
	3	3,7	72,2	9,3	14,8	15,19*	49,4*	50,0*	-
	4	0,0	75,9	9,3	14,8	58,03*	62,0*	30,0*	6,0 <sup>ns</sup>
Fibra	1	95,8	1,4	1,4	1,4	43,30*	-	-	-
	2	9,7	77,8	6,9	5,6	13,90*	141*	-	-
	3	9,7	77,8	4,2	8,3	32,30*	13,8*	1,4 <sup>ns</sup>	-
	4	23,6	63,9	6,9	5,6	14,98*	29,3*	28,6*	12,2*
ATR	1	92,2	7,8	0,0	0,0	40,40*	-	-	-
	2	7,8	76,6	9,4	6,3	4,14 <sup>ns</sup>	20,0*	-	-
	3	7,8	78,1	7,8	6,3	5,18 <sup>ns</sup>	18,0*	0,4 <sup>ns</sup>	-
	4	9,4	78,1	6,3	6,3	5,28 <sup>ns</sup>	85,3*	1,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
MS	1	33,3	33,3	33,3	0,0	5,33 <sup>ns</sup>	-	-	-
	2	16,7	16,7	66,7	0,0	0,77 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	-	-
	3	16,7	16,7	66,7	0,0	6,16 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	-
	4	0,0	100	0,0	0,0	1,84 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>

Var: variáveis; Met: métodos; ADE: Teste de aderência; HET: teste de heterogeneidade; 1- Pimentel-Gomes (2009); 2- Garcia (1989); 3- Judice et al. (1999) e 4- Costa et al. (2002).

De modo geral, pode-se afirmar que pelo método de Garcia (1989) as variáveis TCH, TPH e MS não dependeram do teste KS para obter a tabela de classificação de CV. Já para o método de Pimentel-Gomes (2009), nenhuma das variáveis (exceto MS) seguiu uma distribuição normal (Tabela 8), o que significa que as frequências observadas foram estatisticamente diferentes das frequências esperadas para uma distribuição normal. Além disso, para este método, infere-se que são necessários testes de normalidade para obter a classificação dos níveis de CV.

Ressalta-se também, que a variável MS apresentou normalidade em todos os testes e não houve diferença entre as faixas de classificação de CV (teste de heterogeneidade), provavelmente porque o número de observações foi muito baixo (apenas 6). A partir destes resultados poderia se inferir que qualquer um dos métodos são adequados para a classificação das faixas de CV, no entanto, sugere-se que seja testado um banco de dados com maior número de observações para essa variável para que a tomada de decisão seja mais precisa.

Para as variáveis que apresentaram distribuição normal, os métodos de classificação de faixas de CV recomendados foram: (i) Garcia (1989), para as variáveis TCH e POL; (ii) Judice et al. (1999), para as variáveis TPH e MS; e (iii) Costa et al. (2002) para a variável ATR. Já para as variáveis que apresentaram distribuição não normal, sugeriu-se o método de Costa et al. (2002), porque segundo os referidos autores seu método é mais adequado para dados não normais, uma vez que para a determinação da faixa de classificação usa o pseudo-sigma como medida de dispersão, produzindo uma estimativa do desvio padrão dos dados (Tabela 9).

Além disso, os resultados obtidos pelo teste de aderência para as variáveis Brix, Pureza e Fibra (distribuição não normal) corroboram com os resultados obtidos pelo teste de Shapiro-Wilk. Desse modo recomenda-se que para essas variáveis a normalidade seja testada com o teste de Shapiro-Wilk ao invés do teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 3).

**Tabela 9.** Recomendação de classificação de coeficiente de variação para as variáveis estudadas.

Variáveis	Baixo <	Médio	Alto	Muito Alto >	Método
		(%)			
TCH	5,73	5,73 a 17,31	17,31 a 23,1	23,1	2
TPH	6,13	6,13 a 17,36	17,36 a 20,07	20,07	3
BRIX	1,65	1,65 a 5,17	5,17 a 6,93	6,93	4
POL	2,48	2,48 a 8,44	8,44 a 11,42	11,42	2
PUREZA	0,76	0,76 a 4,54	4,54 a 6,43	6,43	4
FIBRA	3,12	3,12 a 6,92	6,92 a 8,82	8,82	4
ATR	2,47	2,47 a 8,87	8,87 a 9,07	9,07	4
MS	3,77	3,77 a 29,16	29,16 a 33,71	33,71	3

TCH: Tonelada de cana por hectare, TPH: Tonelada de POL por hectare, Brix: Sólidos solúveis totais, POL: Teor de sacarose aparente, ATR: Açúcar total recuperável, MS: Matéria seca. 1- Pimentel-Gomes (2009), 2- Garcia (1989), 3- Judice et al. (1999); 4- Costa et al. (2002).

De acordo com a tabela de recomendação (Tabela 9), o método de classificação de CV proposto por Pimentel-Gomes (2009) não se adequou a nenhuma das variáveis estudadas neste trabalho, visto que não se assemelhou a normal no teste de aderência para nenhuma variável e apresentou comportamento diferente quando comparado aos outros métodos no teste de heterogeneidade. Espera-se que os resultados obtidos possam servir como base para auxiliar pesquisadores na escolha das faixas de classificação de CV apropriadas para conjuntos de dados com cana-de-açúcar.

## 5 CONCLUSÃO

Os dados obtidos nos experimentos com cana-de-açúcar avaliados neste presente trabalho não se enquadraram na faixa de classificação de CV proposta por Pimentel-Gomes (2009).

Para os dados que apresentaram distribuição normal, os métodos de Garcia (1989), Judice et al. (1999) e Costa et al. (2009) foram os mais adequados. Já para os dados que apresentaram distribuição não normal, recomenda-se o método de Costa et al. (2009).

Além disso, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk revelou-se mais adequado para as variáveis Brix, Pureza e Fibra.



## REFERÊNCIAS

- ALLISON, J.C.S.; PAMMENTER, N.W.; HASLAM, E.R.J. Why does sugarcane (*Saccharum* sp hybrid) grow slowly? South African Journal of Botany. V. 73, n.4, p. 546 - 551, 2007.
- AMARAL, A.M. do et al. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão na experimentação com citros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.12, p.1221-1225, 1997.
- BARROS, M. V. G. et al. Análise de dados em saúde. Londrina: Midiograf, 2012.
- BEIGUELMAN, B. Curso de Bioestatística Básica. 4ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 1996.
- BEZUIDENHOUT, C.N.; O LEARY, G.J.; SINGELS, A.; BAJIC, V.B. A Process Based Model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. Agricultural systems, v.76, p. 589 - 599, 2003.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. Bioestatística: Princípios e Aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CHAVES, L.J. Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays*), Piracicaba; Esalq. 1985. 148 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. (2021a) Série Histórica das Safras. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. (2021b) Acomp. Safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, v. 8 – Safra 2021-22, n. 2- Segundo levantamento, p. 1-62, agosto 2021.
- COUTO, M. F.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. Ciência rural, v. 43, n. 6, p. 957-961, 2013.
- COSTA, N. H. A. DI.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [s.l.], v. 37, n. 3, p.243-249, 2002.
- CRUZ, E. A. et al. Coeficiente de Variação Como Medida de Precisão em Experimentos com Tomate em Ambiente Protegido. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 220-233, jun. 2012.
- DE MESQUITA LOPES, M.; BRANCO, V. T. F. C.; SOARES, J. B. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. Transportes, v. 21, n. 1, p. 59-66, 2013.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Roma: FAO, 1979.

FAOSTAT. (2020). Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Statistics Division*. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>

FISHER, R. A. On the mathematical foundations of theoretical statistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, v. 222, n. 594/604, p. 309-368, 1922.

FONTELLES, M. J. Bioestatística aplicada à pesquisa experimental. São Paulo: Livraria da Física, 2012. v. 2. GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. Piracicaba: IPEF, 1989. 11 p.

*FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (ed), Rome (2009). Handbook, Agribusiness. "Sugar beet—white sugar."*

GARCIA, C. H. TABELAS PARA CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO. Ipf, Piracicaba, 1989.

GASHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. Crop water relations. New York: Wiley-interscience, 1983.

JUDICE, M. G. et al. AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO NA EXPERIMENTAÇÃO COM SUÍNOS. *Ciênc. e Agrotec.*, v. 23, n. 1, p.170-173, 1999.

KOLMOGOROV, A. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, v. 4, p. 83-91, 1933.

LOPES, B. G. et al. Classification of the coefficient of variation for experiments with eucalyptus seedlings in greenhouse. *Revista Ciência Agronômica*, v. 52, n. 4, e20207587, 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2 Ed., Piracicaba: Potafos, 1997, 201p.

MARCHIORI, L. F. S. Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar. Tese de doutorado. Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

MARIN, F.R. Eficiência da produção de cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2014.

MONTEIRO, J.E.B.A. et al. Agrometeorologia dos Cultivos (Org.). Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, 2009.

MOORE, P. H.; MARETZKI, A. "Sugarcane." *Photoassimilate distribution in plants and crops*. Routledge, 2017. 643-670.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V. et al. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Cadernos Planalsucar, 2006.

Nascimento, D.C.; Tibana, R.A.; Melo, G.F.; Prestes, J. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte. v. 14, n. 2, p. 73-77, 2015.

NEVES, M.F. A dimensão do setor Sucreenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP 2014.

Oliveira, E. C. A. (2011). Balanço nutricional da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada. 2011. 213 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PARSAEE, M., KIANI, M. K. D., & KARIMI, K. *A review of biogas production from sugarcane vinasse*. Biomass and bioenergy, 122, 117-125, 2019.

PEARSON, K. X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 50, n. 302, p. 157-175, 1900.

PEREIRA, Mauricio Gomes; GALVÃO, Taís Freire. Heterogeneidade e viés de publicação em revisões sistemáticas. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 23, n. 4, p. 775-778, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 11. ed. Piracicaba: ESALQ, 1985. 467 p.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PINO, Francisco Alberto. A questão da não normalidade: Uma revisão. Revista de economia agrícola, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

RAMALHO, M.A.P. et al. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

ROBERTO, G.G. Fisiologia da maturação de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): Sinalização e controle do metabolismo de produção e armazenamento de sacarose. Tese (Doutorado) Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agrônômico, 2015.

SCAPIM, C.A. et al. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. de. Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.61, n.5, p.486-491, 2004.

SCHMILDT E. R. et al. Coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos de alface. *Revista Agro@ambiente*, v. 11, n. 4, p. 290-295, outubro-dezembro, 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA JUNIOR, C. A.; CARVALHO, L. A. Alterações nos atributos físicos do solo relacionados a diferentes métodos de preparo no plantio da cana-de-açúcar. *Revista Alcoolbrás*, 129, 1: 42-45, 2010.

SMIRNOV, N. V. Sui la distribution de  $w_2$  (Criterium de MRv Mises). *Comptes Rendus*, v.202, p. 449-452, 1936.

STEEL, R.G.D. et al. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book, 1996. 672 p.

SUGUITANI, C. Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação de modelo Mosicas. 2006. 60p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Foreign Agricultural Service*. Sugar: World Markets and Trade. Washington: USDA, maio 2021. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/z029p472x?locale=en>

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. *Saccharum*. *United States Department of Agriculture*: "Germplasm resources information network (GRIN)." (2010). Consultado em 17 de novembro de 2021.

VILLENA, J.; KITAZAWA, H.; VAN WEES, S. C. M.; PIETERSE, C. M. J.; TAKAHASHI, H. Receptors and Signaling Pathways for Recognition of Bacteria in Livestock and Crops: Prospects for Beneficial Microbes in Healthy Growth Strategies. *Frontiers Immunology*, v.9, 2018