

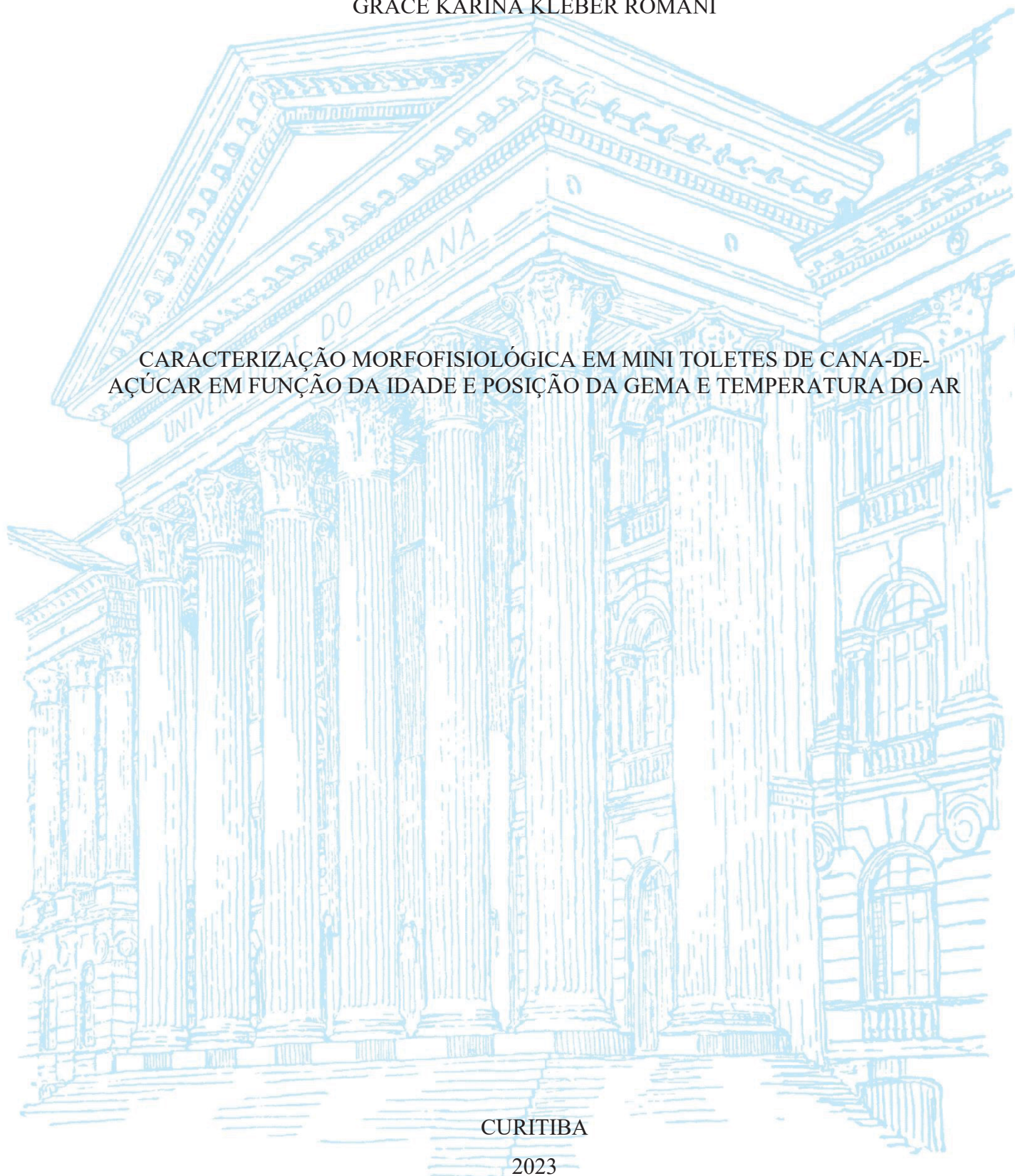
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GRACE KARINA KLEBER ROMANI

CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MINI TOLETES DE CANA-DE-
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IDADE E POSIÇÃO DA GEMA E TEMPERATURA DO AR

CURITIBA

2023



GRACE KARINA KLEBER ROMANI

CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MINI TOLETES DE CANA-DE-
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IDADE E POSIÇÃO DA GEMA E TEMPERATURA DO AR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro.

Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Bespalhok Filho.

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Romani, Grace Karina Kleber

Caracterização morfofisiológica em mini toletes de cana-de-açúcar em função da idade e posição da gema e temperatura do ar / Grace Karina Kleber Romani. – Curitiba, 2023.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro

Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Bepalhok Filho

1. Cana-de-açúcar. 2. Mudas. 3. Temperatura. I. Brasileiro, Bruno Portela. II. Bepalhok Filho, João Carlos. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). IV. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de GRACE KARINA KLEBER ROMANI intitulada: **CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MINI TOLETES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IDADE E POSIÇÃO DA GEMA E TEMPERATURA DO AR**, sob orientação do Prof. Dr. BRUNO PORTELA BRASILEIRO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestrado está sujeita à homologação pelo Colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 07 de Agosto de 2023.

Assinatura Eletrônica

07/08/2023 15:50:37.0

BRUNO PORTELA BRASILEIRO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

10/08/2023 08:58:10.0

VOLMIR KIST

Avaliador Externo (INSTITUTO FED. DE EDUC., CIÊNC. E TECNOL. DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

07/08/2023 15:37:02.0

JOÃO CARLOS BESPALHOK FILHO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: pgsav@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte Identificação Única: 304598

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 304598

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por ter me dado saúde, sabedoria, resiliência e por sempre ter me guiado no caminho do bem.

Aos meus pais Neudi e Tania que sempre estiveram ao meu lado, me dando todo o amor do mundo, por apoiarem minhas escolhas e incentivarem todos os dias a seguir os meus sonhos, obrigada por serem meu porto seguro, vocês são tudo para mim. Eu amo vocês com todas as minhas forças!

Aos meus irmãos Lucas e Clara pelo apoio, parceria e incentivo, vocês são essenciais em minha vida. Eu amo vocês!

Aos Professores Dr. Bruno Portela Brasileiro e Dr. João Carlos Bessalho Filho, que me orientaram e sempre estavam presentes nas adversidades, meu muito obrigado!!

Agradeço por ter conhecido pessoas especiais que levarei comigo para o resto da vida, em especial aos meus amigos Marcela, Luan, Jéssica, Leandro, Bruna, Claiton, Anabel, Franciele, Marcos, Laís e Lucas.

Agradeço a cachaçaria Porto Morretes e ao Professor Dr. Wilson Loureiro pelo fornecimento dos colmos utilizados no trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa que foi fundamental para realização da pesquisa.

A FUNPAR pelo financiamento de materiais que foram utilizados na pesquisa.

A UFPR, por ofertar ensino público e de qualidade.

A todos que colaboraram para a finalização deste trabalho que me ensinou muito sobre resiliência, superação, adversidades, pesquisa e principalmente sobre a vida.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas” (Claude Lévi-Strauss).

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar caracteres morfofisiológicos de gemas de cana-de-açúcar de diferentes posições do colmo da variedade “Havaianinha” sob distintas temperaturas do ar, visando compreender os fatores bióticos e abióticos que podem interferir no sucesso da produção de mudas. Foram conduzidos dois experimentos no Laboratório de Micropropagação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial 4 x 3 (4 níveis do fator temperatura e 3 níveis para o fator posição da gema), com três repetições. As temperaturas adotadas foram: 15, 20, 25 e 30 °C; e as posições de gemas foram: gemas apicais, medianas e basais. Cada parcela foi composta por 20 mini toletes. Foram avaliados o índice de velocidade de brotação (IVB), a porcentagem de brotação (PB) e a altura de brotação (AB). Os dados de todas as variáveis foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e análise de correlação de Pearson. Mediante constatação de diferenças significativas entre as posições da gema, as médias dos níveis desse fator foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, e foram ajustadas equações de regressão para o fator temperatura, utilizando o *software* estatístico R. No experimento 1, com gemas de até 6 meses de idade, independentemente da posição das gemas no colmo, na temperatura ideal (30 °C) as gemas de todas as posições tiveram médias elevadas para IVB, PB e AB. No experimento 2, com gemas de até 18 meses e na temperatura ideal (30 °C), apenas as gemas da posição apical apresentaram médias elevadas para IVB, PB e AB. Os caracteres morfofisiológicos índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) são influenciados pela idade dos mini toletes, pela temperatura do ar e pela posição da gema no colmo. As maiores médias para IVB, PB e AB foram obtidas a 30 °C (temperatura ideal) utilizando gemas da posição apical em colmos de 18 meses de idade, e em gemas de qualquer posição em colmos de 6 meses. As temperaturas inferiores a 20 °C, independentemente da posição da gema no colmo, interferem negativamente nos caracteres morfofisiológicos. Para a produção de mudas via sistema MPB, de forma a ter um maior aproveitamento das gemas, deve-se utilizar colmos mais novos.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.. Brotação de gemas. Produção de mudas. Fatores bióticos. Fatores abióticos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the morphophysiological characters of buds from different positions on the culm of the “Havaianinha” variety under different air temperatures, to understand the biotic and abiotic factors that can interfere with the success of seedling production. Two experiments were carried out in the growth room of the Micropropagation Laboratory of the Department of Plant Science and Plant Health of the Sector of Agricultural Sciences at the Federal University of Paraná. A completely randomized design (DIC) arranged in a 4 x 3 factorial scheme (4 levels for the temperature factor and the bud position factor) was adopted, with three replications. The temperatures adopted were: 15, 20, 25 e 30 °C; and the bud positions were: apical, median and basal buds. Each plot consisted of 20 single bud sets. Sprouting speed index (IVB), sprouting percentage (PB) and were evaluated. Data for all variables were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Pearson’s correlations analysis. Upon verification of significant differences between bud positions, the average levels of this factor were grouped by the Scott Knott test at 5% probability, and regression equations were adjusted for the temperature factor, using the statistical software R. In experiment 1, with buds up to 6 months old, regardless of the positions of the buds on the culm, at the ideal temperature (30 °C) the buds of all positions had high averages for IVB, PB e AB. In experiment 2, with buds aged up to 18 months old and at the ideal temperature (30 °C), only the buds in the apical position showed high means for IVB, PB e AB. The morphophysiological characters sprouting speed index (IVB), sprouting percentage (PB) and sprouting height (AB) are influenced by air temperature and the positions of the bud in the culm. The highest averages for IVB, PB e AB were obtained at 30 °C (ideal temperature) using buds from the apical positions in 18-month-old culms, and in buds from any positions in 6-month-old culms. Temperatures below 20 °C, regardless of the position of the bud in the stem, negatively interference with the morphophysiological characters. To produce seedlings via the MPB system, to have a greater use of the buds, younger culms must be used.

Keywords: *Saccharum* spp.. Bud sprouting. Seedling production. Biotic factors. Abiotic factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura média, máxima e mínima dos meses de janeiro a dezembro dos anos de 2012 a 2022 em Morretes, PR. Fonte: INMET 2023.	19
Figura 2. Índice de velocidade de brotação (IVB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.	24
Figura 3. Porcentagem de brotação (PB), de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.	25
Figura 4. Altura da brotação (AB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.	25
Figura 5. Índice de velocidade de brotação (IVB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.	29
Figura 6. Porcentagem de brotação (PB), de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.	30
Figura 7. Altura da brotação (AB) de gemas de cana-de-açúcar de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.	30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Fonte de variação (FV), Graus de liberdade (GL) e Quadrados médios da análise de variância para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.....21
- Tabela 2. Agrupamento de médias para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de seis meses considerando posição dentro de temperatura e temperatura dentro de posição.22
- Tabela 3. Fonte de variação (FV), Graus de liberdade (GL) e Quadrados médios da análise de variância para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.....27
- Tabela 4. Agrupamento de médias para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses considerando posição dentro de temperatura e temperatura dentro de posição.28
- Tabela 5. Correlações de Pearson entre as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), altura de brotação (AB) e porcentagem de brotação (PB) analisadas nos Experimento 1 (correlações acima da diagonal principal) e Experimento 2 (correlações abaixo da diagonal principal).32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR	12
2.2 SISTEMA DE MULTIPLICAÇÃO E PLANTIO	13
2.3 SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS – MPB.....	14
2.4 FATORES QUE AFETAM A BROTAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR	15
2.5 ÉPOCA DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SUL E SUDESTE DO BRASIL	17
2.6 VARIEDADE “HAVAIAINHA”	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 EXPERIMENTO 1: COLMOS COM SEIS MESES DE IDADE	21
4.2 EXPERIMENTO 2: COLMOS COM 18 MESES DE IDADE	26
4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DOIS EXPERIMENTOS	31
4 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) pertence à família Poaceae, é uma planta com metabolismo C4, que se desenvolve em touceiras, têm caule do tipo colmo e raízes fasciculadas (THOMAS, 2016; LOPES SOBRINHO et al., 2019). Os colmos de cana-de-açúcar apresentam nós e entrenós bem definidos. Os primórdios radiculares e as gemas axilares em estado de latência estão presentes nos nós e em condições ideais podem dar origem a uma nova planta (THOMAS, 2016). Por outro lado, na região dos entrenós, estão as reservas de nutrientes e açúcares na forma de sacarose, glicose e frutose (BOARETTO, 2012).

A produção de cana-de-açúcar possui grande importância econômica, sendo a atividade agrícola mais antiga do Brasil. A cultura é explorada em todo o território nacional, entretanto, os principais polos produtores estão situados no Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Sul do país. Os cinco maiores produtores, em ordem decrescente, são os estados de: São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná (CONAB, 2023).

O município de Morretes, microrregião de Paranaguá – PR, possui uma população de 18.309 habitantes, a maioria deles vivendo na área rural (IBGE, 2022). Este município teve um papel importante no desenvolvimento do estado do Paraná, nas áreas políticas e econômicas, pois é reconhecido pelo ciclo do ouro, da erva-mate e da cana-de-açúcar (MORRETES, 2018). Segundo Meira (2013), a partir das últimas décadas do século passado, o município passou por um grande avanço no comércio e turismo, movido pelo setor gastronômico, que coloca a culinária local e a cachaça produzida de forma artesanal em evidência.

A cachaça de Morretes é um produto artesanal e tem suportado às mudanças da sociedade, sem perder suas características e seus traços culturais. A tradicional produção de cachaça nessa região ocorre desde o século XVII, é uma atividade da agricultura familiar e que tem ganhado o mercado internacional (SEBRAE, 2023).

Por isso, os agricultores de Morretes vem buscando melhorias em tratamentos culturais usados no cultivo de cana-de-açúcar, com o objetivo de aumentar a produção e produtividade da cultura e conseqüentemente aumentar a produção de cachaça. O método de renovação dos canaviais adotado pelos produtores, não somente pelos produtores de Morretes, é o mesmo há várias décadas, o que demanda uma grande quantidade de material vegetal, cerca de 20 toneladas de colmos para plantar apenas um hectare no sistema de plantio mecanizado, e cerca de 7 a 10 toneladas no plantio convencional (CIVIERO et al., 2016; MAY; RAMOS, 2019). O sistema de Mudas Pré-Brotadas (MPB) pode ser utilizado como uma alternativa para reduzir o volume de material vegetal, produção rápida de mudas com controle de qualidade e vigor, alto padrão

fitossanitário, melhorias na distribuição espacial das mudas nas áreas de produção, melhor aproveitamento dos recursos hídricos e nutricionais e redução da competição intraespecífica (LANDELL et al., 2012; XAVIER et al., 2014).

Para obter sucesso com esse sistema de produção de mudas é necessário a brotação da gema presente no mini tolete, contudo, são inúmeros os fatores que podem influenciar a brotação das gemas da cana-de-açúcar, e podem ser classificados como: fatores ambientais (temperatura, umidade e solo), genéticos, fisiológicos (variedade, idade, tamanho e sanidade das gemas) e fito técnicos (práticas agrícolas realizadas no campo). Porém, os agricultores de Morretes estão enfrentando problemas como falhas na brotação das gemas durante a produção de mudas por meio do sistema MPB. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar caracteres morfofisiológicos de gemas de cana-de-açúcar de diferentes posições do colmo da variedade “Havaianinha” sob distintas temperaturas do ar, visando compreender os fatores bióticos e abióticos que podem interferir no sucesso da produção de mudas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O cenário positivo para o setor sucroenergético, com preços atrativos para o açúcar e etanol, não foi suficiente para impedir um decréscimo de 3,5% da área em produção de cana-de-açúcar na safra 2021/22. A redução ocorreu em praticamente em todo o país, com destaque para a Região Sudeste, com redução de 5,3% da área colhida. A área colhida, na safra 2021/22, alcançou 8.317 mil hectares, com uma redução de 299 mil hectares em relação à safra 2020/21 (CONAB, 2022).

As anomalias climáticas, ocorridas após o primeiro trimestre de 2021, foram as principais responsáveis pela diminuição de 7,4% da produtividade na safra 2021/22 em relação à safra 2020/21. A combinação de uma seca no segundo trimestre, somada a baixas temperaturas em junho, julho e agosto, com geadas pontuais em diversas lavouras provocaram acentuada queda na produtividade na Região Centro-Sul do país (CONAB, 2022).

A safra 2022/23 foi encerrada com crescimento da produção de 5,4% em relação à safra 2021/22, estimada em 610,1 milhões de toneladas. As condições climáticas da safra 2021/22 trouxeram reflexos para a safra 22/23. Mesmo assim, foi possível a recuperação das produtividades nos principais estados produtores, compensando a menor área colhida em relação à safra passada. A safra 22/23 foi marcada por baixa pluviosidade, e baixas temperaturas registradas na Região Centro-Sul. Apesar dessas condições climáticas, a produtividade nacional foi estimada em 73.609 kg ha⁻¹, 6,1% superior à obtida na temporada 2021/22 (CONAB, 2023).

Com a maior produção do país, a região Sudeste, aumentou em 5,8% o volume colhido em relação a safra 2021/22. A área praticamente se manteve estável, com 5.127,1 mil hectares devido a concorrência da cana-de-açúcar com outras culturas. Nesta região a produtividade aumentou, alcançando 75.629 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Semelhante ao Sudeste, a região Centro-Oeste aumentou a produtividade em 5,7%, fato que se deve à melhora nas condições ambientais. Porém, a área reduziu 2,1%, estimada em 1.767,5 mil hectares. No saldo, a colheita foi de 131.539,2 mil toneladas, um aumento de 3,4% sobre a safra 2021/22 (CONAB, 2023).

Devido a problemas climáticos na última safra (2021/22) na região Nordeste, muitas lavouras foram abandonadas ou dedicadas a outros fins. Na safra 2022/23, estas áreas retornaram à produção, e foi observado um crescimento de 2,9% na área colhida, com

produtividade estimada em 64.313 kg ha⁻¹ com produção estimada em 56.060,7 mil toneladas, aumento de 12,5% em comparação a safra 2021/22 (CONAB, 2023).

Nos últimos anos, a região Sul tem perdido áreas de cana-de-açúcar para outras culturas como a soja, milho, mandioca e pastagens. A área colhida em 2022/23 foi a terceira menor da série histórica da Conab, estimada em 475,4 mil hectares, 9,1% abaixo da safra 2021/22, a produtividade foi estimada em 65.115 kg ha⁻¹, 7,7% maior que a obtida em 2021/22, a produção foi encerrada em 30.953,1 mil toneladas (CONAB, 2023).

Apesar do incremento de área na região norte, a produção reduzir 0,9% em relação à safra 2021/22, e foi estimada em 3.823 mil toneladas de cana-de-açúcar, influenciada pela redução de produtividade que foi recorde na safra anterior (CONAB, 2023).

A produção de cana-de-açúcar no Brasil tem o objetivo de atender as necessidades e metas ligadas à produção de açúcar e etanol do mercado interno e externo (BONASSA et al., 2015). Porém, o etanol e o açúcar não são os únicos produtos oriundos do beneficiamento da cana-de-açúcar, a cachaça, embora não responda por uma grande fração do faturamento total do setor, certamente é um dos produtos com maior valor agregado.

Dentre os produtos que compõe a produção industrial da cana-de-açúcar, a cachaça ocupa a terceira posição, atrás do etanol e do açúcar. A bebida responde por aproximadamente 3,4% dos R\$ 56,35 bilhões que compõem essa indústria, valor equivalente a 1,94 bilhão de reais. A produção nacional de cachaça é basicamente voltada para o mercado interno, entretanto, o Brasil é um exportador da bebida. Tal fato pode ser explicado em razão do mercado nacional ser quase totalmente abastecido pela própria produção nacional. Em 1997, o volume de cachaça exportado foi de 8,2 milhões de litros. Em 2018 esse número foi de 8,6 milhões de litros (BRASIL, 2022).

As exportações nacionais consideradas se referem a agregação de valor de produtos como: rum, cachaça e outras aguardentes provenientes da destilação, após fermentação, de produtos da cana-de-açúcar, que respondeu a R\$ 15,6 milhões exportados em 2018. Boa parte do produto vai para Paraguai, Alemanha e Estados Unidos, que juntos respondem por cerca de 58% do volume vendido pelo Brasil (BRASIL, 2022).

2.2 SISTEMA DE MULTIPLICAÇÃO E PLANTIO

As variedades de cana-de-açúcar são, na maior parte, híbridos interespecíficos obtidos ao longo de vários ciclos de seleção e recombinação conduzidos por diferentes programas de melhoramento genético nos principais países produtores da cultura.

A propagação da cana-de-açúcar é feita vegetativamente nos plantios comerciais, convencionalmente baseado no uso de colmos que contêm diferentes gemas (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2008). O plantio convencional de cana-de-açúcar utiliza cerca de 11 a 14 t ha⁻¹ de colmos, e, para minimizar falhas, são usadas maiores quantidades de colmos no plantio, chegando a atingir 20 t ha⁻¹ (LANDELL et al., 2012). A grande quantidade de colmos utilizada pode ser prejudicial pela maior disseminação de pragas e doenças, além disso, outra desvantagem é que boa parte desses colmos poderiam ser utilizados para processamento industrial (LANDELL et al., 2012).

O plantio convencional necessita de viveiros para obtenção de colmos sadios, pois nessas áreas é adotado um conjunto de medidas preventivas como o uso de máquinas e equipamentos desinfetados, tratamento térmico, *roguing*, fertilizantes adequados, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e irrigação complementar (XAVIER et al., 2008). Entretanto, devido à grande quantidade de colmos necessária para plantio, a adoção destas medidas e dos tratamentos culturais fica prejudicada. Neste contexto, o sistema de multiplicação com uso de MPB, consiste em alternativa ao plantio convencional de cana-de-açúcar por facilitar a adoção e manutenção do controle fitossanitário.

2.3 SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS – MPB

O sistema MPB consiste na produção de mudas a partir de gemas individualizadas de cana-de-açúcar, é uma maneira rápida de multiplicação de mudas, permite a redução da quantidade de mudas, melhor controle de qualidade e vigor, alto padrão fitossanitário e clonal. Também, permite melhor distribuição espacial das mudas, com melhor aproveitamento dos recursos hídricos e nutricionais e menor competição intraespecífica (LANDELL et al., 2012; XAVIER et al., 2014).

Para a produção de MPB, os colmos utilizados são produzidos em viveiros básicos, e submetidos aos manejos e protocolos de qualidade. Nesse sistema, são necessárias seis etapas que duram aproximadamente 60 dias (LANDELL et al., 2012).

Etapa 1 – Retirada dos colmos, corte e preparo dos mini toletes, etapa realizada nos viveiros básicos, com idade fisiológica entre 6 e 10 meses para maior aproveitamento das gemas ao longo do colmo.

Etapa 2 – Nesta etapa é feito o tratamento fitossanitário dos mini toletes com produtos à base de Azoxistrobina ou Pyraclostrobin a 0,1% com imersão em solução por 3 minutos, podem ser feitos tratamentos complementares com promotores de enraizamento.

Etapa 3 – Brotação: etapa conduzida em casa de vegetação climatizada para a brotação dos mini toletes, esta fase pode levar de 7 a 10 dias.

Etapa 4 – A fase de individualização é feita logo após a brotação e os mini toletes brotados são acondicionados em tubetes.

Etapa 5 – Aclimatação fase 1: Após a individualização, os tubetes com os mini toletes brotados permanecerão por um período de 21 dias em casa de vegetação climatizada, com elevada umidade relativa do ar e irrigação por nebulização.

Etapa 6 – Aclimatação fase 2: É um processo de rustificação das mudas, consiste na retirada das mudas da casa de vegetação e acomodação em pleno sol sob bancadas, visando a adaptabilidade da muda às condições de campo.

2.4 FATORES QUE AFETAM A BROTAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

São inúmeros os fatores que podem influenciar a brotação da cana-de-açúcar, e podem ser classificados como: fatores ambientais (temperatura, umidade e solo), genéticos e fisiológicos (variedade, idade, tamanho e sanidade das gemas) e fito técnicos (práticas agrícolas realizadas no campo) (SERAFIM et al., 2012).

A água é um fator primordial na ativação dos processos bioquímicos da brotação. A falta de água pode prejudicar ou até mesmo impedir a brotação das gemas dependendo da intensidade e da duração do período de deficiência hídrica. A umidade adequada para a brotação pode variar de acordo com fatores como a região, a classe de solo ou o substrato, aeração, densidade e condutividade hidráulica. Casagrande (1991) sugere que mais importante que aferir a umidade, é determinar o potencial com que a água está retida. Já Singh e Srivastava (1973), em seu estudo com cana-de-açúcar, mostraram os efeitos dos diferentes níveis de retenção de água no desenvolvimento inicial de brotos e raízes. As melhores taxas de desenvolvimento inicial foram proporcionadas pelo potencial próximo de zero, equivalente a capacidade de campo. O potencial de -15 atm, correspondente ao ponto de murcha permanente, resultou em queda da porcentagem de brotação de 100 para 66%, além da redução na altura, no peso de brotos, na matéria seca e no comprimento de raízes.

A temperatura na fase de brotação interfere na velocidade das reações bioquímicas e na ação de fito hormônios envolvidos nos processos de divisão, diferenciação e crescimento celular. Whitman et al. (1963), avaliaram os efeitos da luz, temperatura e água na brotação da cana-de-açúcar. Eles enfatizaram que a temperatura ótima foi de aproximadamente 30 °C, aos 22 °C ocorreu uma queda significativa na brotação e entre 10 e 16 °C a brotação foi nula. Dessa

forma, é recomendado o controle da temperatura na brotação em casa de vegetação na produção de MPB, sendo a temperatura ideal de 30 °C, e abaixo de 15 °C é considerado uma temperatura subótima, e pode trazer prejuízos à brotação.

A brotação e o desenvolvimento inicial de gemas de cana-de-açúcar também podem sofrer com a influência do substrato. Um substrato bom deve atender as exigências físicas, químicas e conter proporções satisfatórias de ar, água e nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Xavier et al. (2014), o substrato deve ter as seguintes características: uniformidade na composição, densidade baixa, adequada porosidade, elevada CTC (capacidade de troca de cátions), boa capacidade de reter de água, livre de pragas, organismos patogênicos e sementes de plantas daninhas, boa coesão entre as partículas, boa aderência às raízes, abundante e viável economicamente. De acordo com Milner (2001), as propriedades físicas de um substrato são mais importantes que as químicas, já que as primeiras não podem ser modificadas.

O estado nutricional e o tamanho do mini tolete também tem papel primordial no sucesso da brotação das gemas. Segundo Casagrande e Vasconcelos (2010), esse processo biológico de brotação consome energia, que é originária da degradação de substâncias de reserva do tolete. Carneiro et al. (1995) afirmaram que quanto mais bem nutrido estiverem os toletes de cana-de-açúcar, melhor será a brotação e o desenvolvimento inicial. Pao e Shiah (1960) e Worden (1963), relataram que é possível obter brotação satisfatória ao se utilizar material propagativo com apenas uma gema. Porém, há significativa redução no perfilhamento e vigor das plantas quando se diminui as reservas nutricionais do tolete. Civiero et al. (2014, 2016) verificaram que ao se aumentar a quantidade de reserva do mini tolete, ocorreu um incremento linear na área foliar e na massa seca das raízes e parte aérea das plantas de cana-de-açúcar. Além da quantidade de reserva no tolete, Simões Neto e Marcos (1987) relataram que a brotação e o crescimento inicial da cana-de-açúcar propagada com mini toletes é influenciada pela posição do entrenó em relação à gema, foi observado que mini toletes com maior reserva orgânica abaixo da gema proporcionam maior crescimento das plantas de cana-de-açúcar.

De acordo com a maturidade e tecido da planta, diferentes posições de um mesmo caule apresentam características distintas, como por exemplo o teor e o tipo do açúcar, nutrientes, hormônios vegetais, lignificação, entre outros fatores que também podem influenciar no processo de brotação das gemas axilares (SILVA et al., 2004; FREIRE et al., 2014; MANHÃES et al., 2015; SOUSA et al., 2020). Os entrenós que se formam por primeiro acumulam açúcar prematuramente e são ricos em sais minerais e sacarose, enquanto os entrenós do ápice são ricos em glicose, nitrogênio e água. A brotação das gemas será mais rápida nos toletes provenientes

do ápice do colmo, pois está diretamente correlacionada com o teor de glicose, nitrogênio e água. Já as gemas da base, ricas em sacarose e sais minerais, precisam transformar a sacarose em glicose, portanto demoram mais para brotar (AUDE, 1993).

2.5 ÉPOCA DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SUL E SUDESTE DO BRASIL

É de grande importância fazer a escolha da melhor época do plantio da cultura para que haja o desenvolvimento adequado da cana-de-açúcar, pois esta necessita de condições climáticas ideais para seu desenvolvimento e acúmulo de açúcar. Para que aconteça o crescimento e desenvolvimento da cultura, é necessário que ela tenha alta disponibilidade de água, temperaturas elevadas e alto índice de radiação solar. Essa pode ser plantada em três épocas diferentes: sistema de ano e meio, sistema de ano e plantio de inverno (EMBRAPA, 2018).

No sistema ano e meio (18 meses), a cana-de-açúcar é plantada entre os meses de janeiro e março, nos primeiros meses, a planta começa o seu desenvolvimento, mas com a chegada da seca e do inverno o crescimento da cultura diminui durante cinco meses (abril a agosto), e entra no estágio vegetativo nos próximos sete meses (setembro a abril). Após a vegetação, acontece o amadurecimento até completar o ciclo de 16 a 18 meses (ALVES; DENADAI, 2022). O período dos meses de janeiro a março, é considerado o período ideal para o plantio da cana-de-açúcar, pois nesse período apresenta boas condições de temperaturas e umidade, tendo a garantia do desenvolvimento das gemas. Esses fatores contribuem para o processo rápido de brotação e reduz a incidência de doenças nos toletes (EMBRAPA, 2018).

No sistema cana de ano (12 meses), na região centro-sul do Brasil a cultura pode ser plantada no período dos meses de outubro e dezembro, início da estação chuvosa, a planta tem o seu desenvolvimento paralisado nos meses de março a abril e nos próximos meses inicia-se o processo de maturação.

2.6 VARIEDADE “HAVAIAININHA”

Um botânico brasileiro chamado Freire Allemão disse em suas investigações históricas sobre a introdução da cana-de-açúcar do Brasil, que em 1663 já se fazia açúcar na capitania de São Vicente. O primeiro trabalho científico realizado no Estado de São Paulo sobre o valor da cana-de-açúcar foi realizado no Instituto Agrônomo Imperial (atual IAC) por Dafert, Potel e

Bolliger em 1892, a partir desse estudo observou-se que existiam 42 variedades de cana-de-açúcar no instituto (MEYER, 1933).

Com o tempo a indústria do açúcar foi muito desenvolvida, e poderia ser muito mais, se não fosse a importância da cultura cafeeira, sem dúvida, em outras épocas, muito mais remuneradora. Em 1919, a produção e o rendimento nas usinas começaram a diminuir de forma espantosa, constatando-se que a indústria canavieira entrava rapidamente em um período de decadência. Em 1924, o agrônomo norte-americano Jose Vizioli especializado em fitopatologia enviou um relatório ao secretário da agricultura atribuindo a decadência dos canaviais paulistas a diversas doenças, mas com enfoque principal ao mosaico (Vírus “SCMV”) (MEYER, 1933).

Para evitar a decadência da cultura canavieira, a secretaria da agricultura organizou o serviço de defesa da cana-de-açúcar, tendo como chefe Jose Vizioli. Depois de uma viagem à Argentina, em seu relatório, Jose fez uma exposição de motivos, defendendo a criação de uma estação experimental da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, indicando Piracicaba, como município ideal para a instalação (MEYER, 1933).

Após a criação da estação experimental, foi preconizada a introdução de novas variedades, promovendo a importação de variedades de cana-de-açúcar de diversos estabelecimentos de experimentação, tais como de Java, Índia, Argentina, Estados Unidos, entre outros. Há indícios que a variedade localmente denominada “Havaianinha” seja a cultivar Javanesa POJ2714 introduzida nesta época, e vem sendo cultivada até hoje em algumas regiões por pequenos produtores de cachaça, inclusive em Morretes, litoral paranaense.

No município de Morretes, a variedade mais difundida é a “Havaianinha”, presente em todas as propriedades, além dessa, podem ser encontradas variedades como: branca mole, branca dura, clones RB não identificados, e outras variedades desconhecidas ou não identificadas pelos produtores, que compõem os plantios com uma mistura de variedades, devido à inexistência de seleção e controle das mudas utilizadas para o plantio e renovação das áreas (TRENTO FILHO et al., 2008).

A POJ2714 possui características como: porte ereto, muito vigorosa, perfilha bem, possui colmos compridos de diâmetro médio, tem coloração verde e não possui cera, entrenós compridos e cilíndricos. Ausência de sulcos, nós diretos, anel de crescimento elevado, tem cicatriz lanada, tem zona cerosa pouco notável, tem gema sub-orbicular, mais ou menos amarelada, possui bainhas glabras e folhas estreitas e eretas (MEYER, 1933).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados colmos da variedade “Havaianinha” no município de Morretes - PR (25° 28’ 44” S, 48° 49’ 54” W) com seis meses de idade para a condução do primeiro experimento e para o segundo experimento foram utilizados colmos com 18 meses de idade. Após a coleta, os colmos foram seccionados em mini toletes de aproximadamente 4 cm de comprimento contendo uma gema axilar e separados de acordo com a posição no colmo (apical, mediana e basal).

A temperatura média, máxima e mínima do município de Morretes – PR, local de cultivo da variedade “Havaianinha” está representada na Figura 1. Pode-se observar que as maiores temperaturas médias ocorrem entre os meses de setembro e abril, período favorável (temperatura média com 20 °C) ao desenvolvimento da cana-de-açúcar.

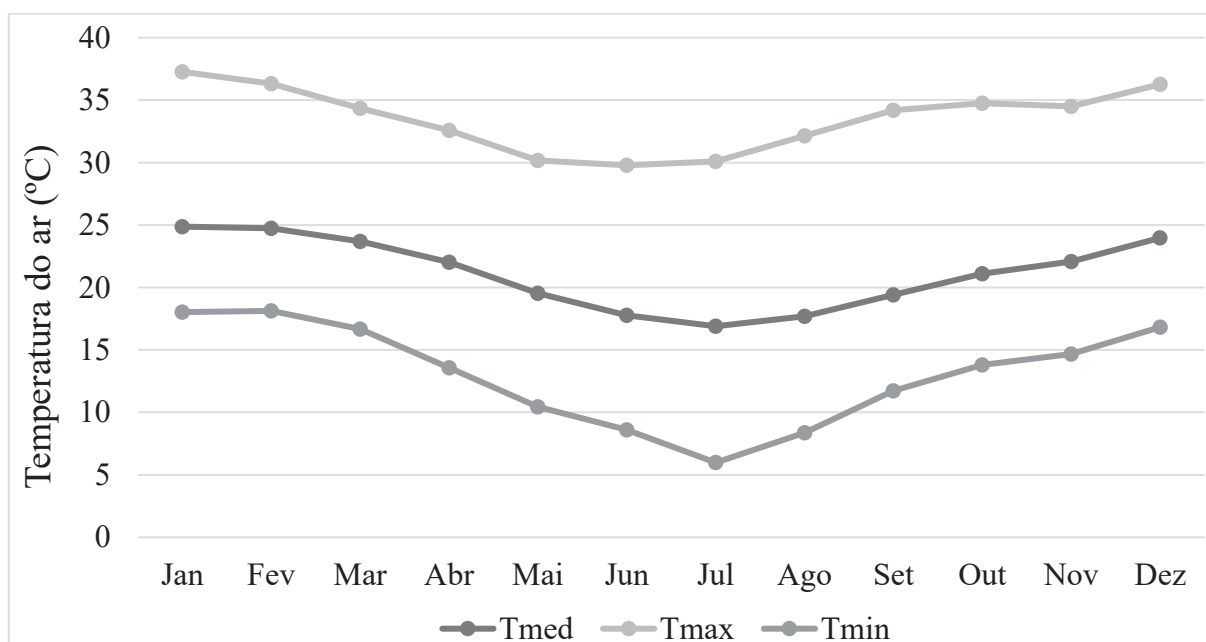


Figura 1. Temperatura média, máxima e mínima dos meses de janeiro a dezembro dos anos de 2012 a 2022 em Morretes, PR. Fonte: INMET 2023.

Foram conduzidos dois experimentos no Laboratório de Micropropagação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial 4 x 3 (4 níveis do fator temperatura e 3 níveis para o fator posição da gema), com três repetições. As temperaturas adotadas foram: 15, 20, 25 e 30 °C; e as posições de gemas foram: gemas apicais, medianas e basais. Cada parcela foi composta por 20 mini toletes.

Os minis toletes foram colocados em bandejas de plástico (dimensões de 353 mm de comprimento, 178 mm de largura e 121 mm de altura) com uma camada de aproximadamente 3 cm de altura de substrato da marca Carolina Soil II classe V CE 0,7 e umedecido com 300 ml de água destilada, e cobertos com uma camada de aproximadamente 2 cm de altura do mesmo substrato. Após esse processo, as bandejas foram identificadas e levadas para a estufa incubadora B.O.D (demanda biológica de oxigênio) da marca Eletrolab modelo ELP202/3 à temperatura constante correspondente a cada tratamento, foram mantidas nesse local por 10 dias.

Na sequência, foram avaliadas as seguintes variáveis: índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB, %) e altura da brotação (AB, cm). O IVB foi calculado da seguinte forma: $IVB = (G1/N1) + (G2+G1/N2) + \dots + (G7+G6/N7)$, em que: IVB = índice de velocidade de brotação; G = número de gemas brotadas; N = número de dias do plantio à 1ª, 2ª, (...) e 7ª avaliação. A PB foi calculada da seguinte forma: $PB = ((NGB/ 20) * 100)$, em que PB = porcentagem de brotação; NGB = número de gemas brotadas. No 7º dia pós plantio, foi medido a altura de 5 brotações representativas de cada parcela com o auxílio de um paquímetro digital.

Os dados de todas as variáveis foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e análise de correlação de Pearson. Mediante constatação de diferenças significativas entre as posições da gema, as médias dos níveis desse fator foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, e foram ajustadas equações de regressão para o fator temperatura, utilizando o *software* estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1: COLMOS COM SEIS MESES DE IDADE

De acordo com o teste F da análise de variância há interação significativa entre temperatura e posição da gema (T x P) e diferença significativa entre as posições de gema (P) e entre as temperaturas (T) ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas (IVB, PB e AB) (Tabela 1). A interação T x P significativa revela que a temperatura interfere nas variáveis de forma distinta dependendo da posição da gema no colmo e vice-versa e por isso foi realizado os desdobramentos da interação, analisando o desempenho das posições dentro das temperaturas e vice-versa (Tabela 1).

Tabela 1. Fonte de variação (FV), Graus de liberdade (GL) e Quadrados médios da análise de variância para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de seis meses..

FV	GL	Quadrados Médios		
		IVB	PB	AB
Posição (P)	2	2,254*	238,194*	0,903*
Temperatura (T)	3	45,76*	15426,6*	86,892*
T x P	6	0,118*	64,12*	1,191*
Resíduo	24	0,044	13,888	0,199
Posição/15°C	2	0,173*	219,444*	0,001 ^{ns}
Posição/20°C	2	0,914*	144,444*	0,006 ^{ns}
Posição/25°C	2	0,518*	58,333 ^{ns}	0,082 ^{ns}
Posição/30°C	2	1,273*	8,333 ^{ns}	4,388*
Temperatura/Apical	3	14,328*	6244,44*	27,37*
Temperatura/Mediana	3	17,494*	4280,56*	41,18*
Temperatura/Basal	3	14,174*	5029,86*	20,71*
Média		3,12	67,36	3,01
CV (%)		6,74	5,53	14,83

^{ns}, *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Para o desdobramento posição dentro de temperatura foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as posições de gema em todas as temperaturas para a variável IVB, entre as posições de gema dentro de 15 e 20 °C na variável PB, e apenas entre as posições de gema dentro de 30 °C na variável AB (Tabela 1).

Para o desdobramento da temperatura dentro de posição de gema foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as temperaturas em todas as posições de gema nas três variáveis analisadas (IVB, PB e AB) (Tabela 1).

Para a variável IVB, as médias variaram de 0,13 a 4,75 entre as temperaturas para a posição apical, de 0,61 a 6,03 para a posição mediana e de 0,31 a 5,15 para a posição basal, vale ressaltar que o valor máximo de IVB se todas as gemas tivessem brotado no terceiro dia pós plantio seria de 6,67 (Tabela 2). Além disso, é possível observar que as gemas da posição mediana apresentaram as maiores médias de IVB, independente da temperatura do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Agrupamento de médias para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de seis meses considerando posição dentro de temperatura e temperatura dentro de posição.

Variável	Temperatura (°C)	Posição		
		Apical	Mediana	Basal
IVB	15	0,13Ad	0,61Ad	0,31Ad
	20	1,72Bc	2,82Ac	2,24Bc
	25	4,30Bb	5,03Ab	4,32Bb
	30	4,75Ba	6,03Aa	5,15Aa
PB	15	1,66Bc	18,33Ac	6,66Bd
	20	61,66Bb	75,00Ab	65,00Bc
	25	98,33Aa	96,66Aa	90,00Bb
	30	98,33Aa	100,00Aa	96,66Aa
AB	15	0,20Ad	0,20Ad	0,24Ad
	20	1,30Ac	1,37Ac	1,28Ac
	25	3,18Ab	3,12Ab	3,43Ab
	30	7,08Ba	8,58Aa	6,18Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Skott Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com Aude (1993), a brotação das gemas é mais rápida nos toletes provenientes do ápice do colmo, pois está diretamente correlacionada com o teor de glicose, nitrogênio e água, e as gemas da base, são ricas em sacarose e sais minerais, e precisam transformar a sacarose em glicose, portanto, demoram mais para brotar.

No presente trabalho as gemas da porção mediana do colmo apresentaram IVB maior que as gemas das demais posições, possivelmente por serem mais ricas em glicose (Tabela 2). Esperava-se que as gemas apicais apresentassem o maior IVB, porém, os colmos coletados e utilizados nesse experimento eram jovens, tratava-se de colmos com seis meses de idade e de primeiro corte. A baixa concentração de glicose e nitrogênio no tecido de reserva dessas gemas pode ter contribuído com a menor velocidade de brotação.

Arlin et al. (2004) estudaram a influência da posição das gemas no colmo de cana-de-açúcar, concluíram que as gemas da posição apical e mediana do colmo brotaram mais rápido

e tiveram maior porcentagem de brotação do que a gemas da posição basal. Os autores atribuíram essas respostas a idade das gemas, uma vez que aquelas situadas nas posições apical e mediana eram mais jovens, portanto, tinham maior atividade metabólica do que aquelas localizadas na porção basal do colmo.

Para a variável PB, as médias variaram de 1,66 a 98,33% entre as temperaturas para a posição apical, de 18,33 a 100% para a posição mediana e de 6,66 a 96,66% para a posição basal (Tabela 2). A posição mediana apresentou as maiores médias nas temperaturas de 15 e 20 °C. A 25 °C as médias das gemas das posições apical e mediana pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott 5% de probabilidade enquanto a média da gema basal pertence a outro grupo. A 30 °C, as gemas das três posições do colmo apresentaram elevada porcentagem de brotação não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 2).

A temperatura na fase de brotação interfere na velocidade das reações bioquímicas e na ação de fito hormônios envolvidos nos processos de divisão, diferenciação e crescimento celular. Whitman et al. (1963), avaliaram os efeitos da luz, temperatura e água na brotação da cana-de-açúcar. Os autores enfatizaram que a temperatura ótima para a brotação da cana-de-açúcar foi de aproximadamente 30 °C, aos 22 °C ocorreu uma queda significativa na brotação e entre 10 e 16 °C a brotação foi nula.

Considerando a variável AB, as médias variaram de 0,20 a 7,08 cm entre as temperaturas na posição apical, de 0,20 a 8,58 cm na posição mediana e de 0,24 a 6,18 cm na posição basal. A 30 °C as gemas medianas apresentaram as maiores médias para essa variável diferindo estatisticamente das demais, seguido das gemas apicais e basais, consecutivamente (Tabela 2). Nas demais temperaturas não houve diferença estatística entre as posições de gemas no colmo.

Devido as diferenças significativas entre as temperaturas nas diferentes posições de gema (Tabela 1), foram realizadas análises de regressão visando avaliar a influência da temperatura do ar no índice de velocidade de brotação (IVB). Para os mini toletes das três posições, foram ajustadas equações de primeiro grau que melhor explicaram as respostas biológicas (Figura 2).

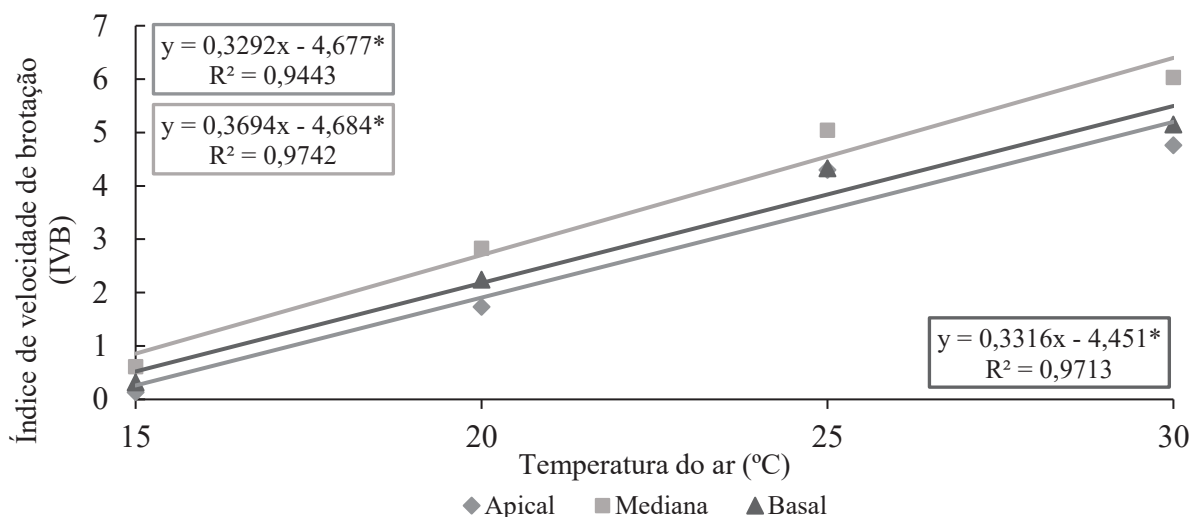


Figura 2. Índice de velocidade de brotação (IVB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.

Nas gemas das posições apical, mediana e basal houve um incremento no IVB na medida em que a temperatura foi aumentando, para cada unidade de temperatura houve um incremento de 0,33 no IVB nas gemas da posição apical, de 0,37 para a posição mediana e de 0,33 para a posição basal (Figura 2). Esses valores apresentam uma elevada confiabilidade uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) das três equações foram superiores a 0,94. Vale destacar que o R^2 corresponde a medida do ajuste do modelo estatístico, ou seja, neste caso mais de 94% da variação no IVB pode ser explicada pela temperatura do ar.

Foram ajustadas equações de segundo grau para avaliar a influência da temperatura do ar na porcentagem de brotação (PB) das gemas das três posições do colmo (Figura 3). De acordo com as equações, houve um incremento nas médias conforme a temperatura foi aumentando até os limites de 27,9; 27,5 e 28,2 °C, valores correspondem ao ponto máximo de inflexão da curva de regressão da posição apical, mediana e basal, respectivamente. Vale destacar que as três equações de regressão explicaram mais de 99% da variação da variável PB (Figura 3).

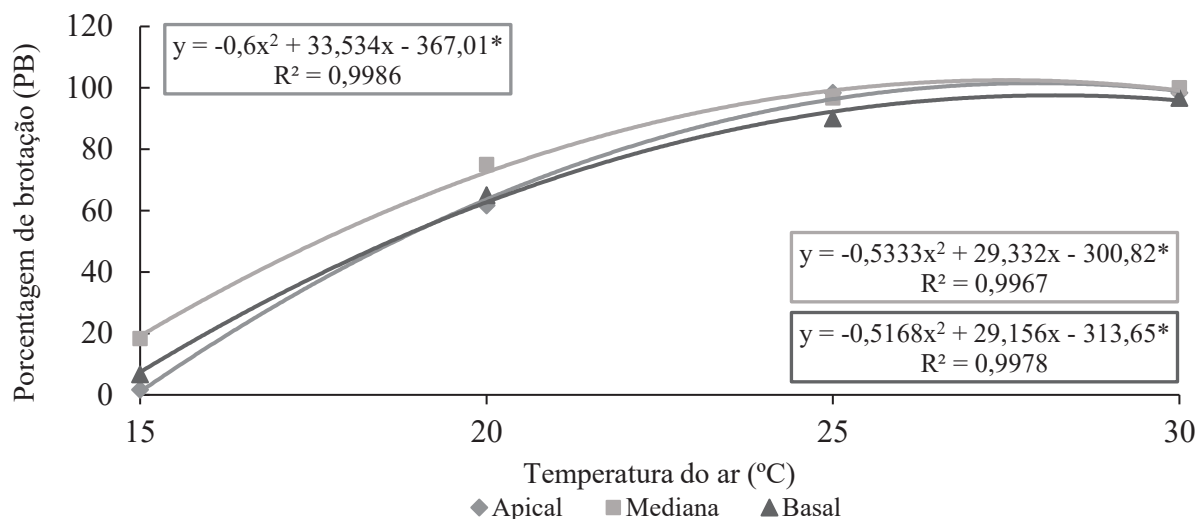


Figura 3. Porcentagem de brotação (PB), de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.

Foram ajustadas equações de primeiro grau para avaliar a influência da temperatura na altura da brotação (AB) das gemas das três posições do colmo (Figura 4).

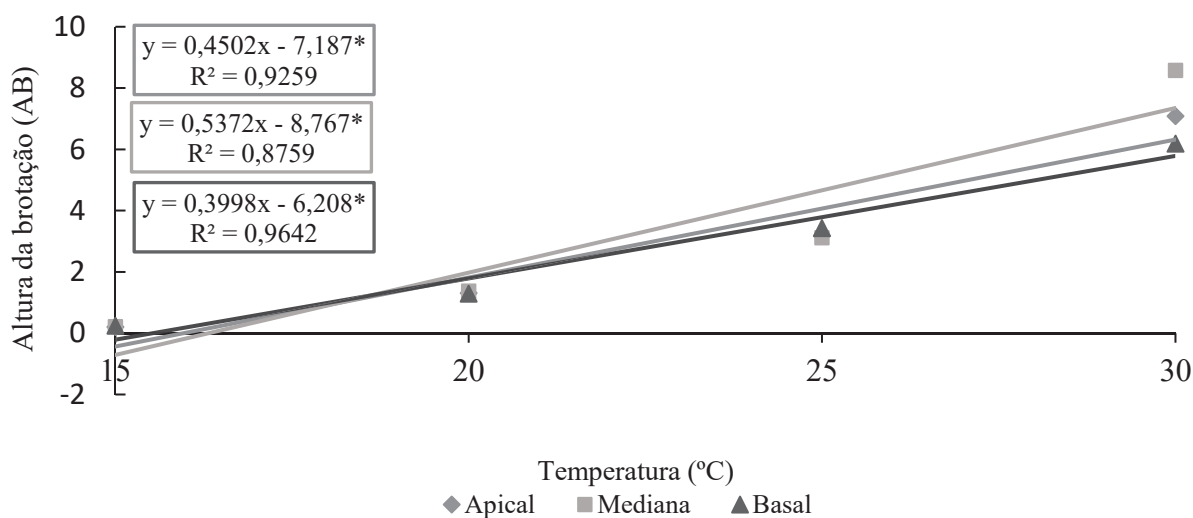


Figura 4. Altura da brotação (AB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de seis meses.

Conforme representado na Figura 4, as gemas da posição apical, mediana e basal apresentaram um incremento na AB na medida em que a temperatura foi aumentando, para cada unidade de temperatura houve um incremento de 0,45 cm na AB nas gemas da posição apical, de 0,53 cm para a posição mediana e de 0,40 cm para a posição basal. Esses valores apresentam

bom ajuste a amostra uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) das três equações foram superiores a 0,87.

Ao analisar as três figuras acima pode-se inferir que a temperatura do ar exerce grande influência sob as variáveis analisadas (IVB, PB e AB). Xavier et al. (2014) afirmaram que a temperatura interfere na velocidade das reações bioquímicas e na ação de hormônios vegetais envolvidos na divisão, diferenciação e crescimento celular, portanto, é um dos fatores que mais interferem na brotação. May e Ramos (2019), asseguram que gemas de cana-de-açúcar não tem boa taxa de brotação quando dispostas em temperaturas baixas.

Whitman et al. (1963), avaliaram os efeitos da luz, temperatura e água na brotação da cana-de-açúcar, enfatizaram que a temperatura ótima foi de aproximadamente 30 °C, e entre 10 e 16 °C a brotação foi nula. Dessa forma, Xavier et al. (2014) recomendam temperatura na brotação em torno de 30 °C, quando em temperaturas abaixo de 15 °C tem-se problemas de velocidade e porcentagem de brotação, além de retardar o crescimento vegetativo das brotações. Casagrande (1991) afirma que o desenvolvimento vegetativo é favorecido por temperaturas do ar entre 25 e 35 °C.

Segundo Almeida et al. (2008), a temperatura do ar afeta o crescimento da cana-de-açúcar. Em temperaturas acima de 20 °C, há aumento na taxa de crescimento da cultura, a faixa de 25 °C a 33 °C é a mais favorável ao desenvolvimento vegetativo. Bachi e Souza (1978) observaram no Sul/Sudeste brasileiro que temperaturas entre 18 e 20 °C, são críticas para o crescimento da cultura.

4.2 EXPERIMENTO 2: COLMOS COM 18 MESES DE IDADE

Os resultados da análise de variância (ANOVA) do segundo experimento estão apresentados na Tabela 3. Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram verificadas entre os níveis dos fatores posição da gema no colmo (P), e temperatura do ar (T), além de interação significativa entre T x P, para todas as variáveis analisadas (IVB, PB e AB).

De acordo com os desdobramentos da interação (T x P), não houve diferença significativa entre as posições de gema no colmo apenas na temperatura de 15 °C para as três variáveis analisadas (IVB, PB e AB) (Tabela 3), isso ocorreu devido à ausência de germinação das gemas nessa temperatura. Para o desdobramento da temperatura dentro de posição foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as temperaturas do ar nas três posições de gema no colmo, em todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

Tabela 3. Fonte de variação (FV), Graus de liberdade (GL) e Quadrados médios da análise de variância para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.

FV	GL	Quadrados Médios		
		IVB	PB	AB
Posição (P)	2	16,665*	3493,750*	45,875*
Temperatura (T)	3 (2)	4,212*	8082,410*	41,059*
T x P	6 (4)	0,370*	417,824*	8,458*
Resíduo	24 (18)	0,133	47,222	0,070
Posição/15°C	2	4,212*	0,001 ^{ns}	41,059*
Posição/20°C	2	3,267*	1769,44*	2,406*
Posição/25°C	2	5,628*	1219,44*	15,845*
Posição/30°C	2	8,510*	1758,330*	44,540*
Temperatura/Apical	3 (2)	16,664*	5208,330*	45,875*
Temperatura/Mediana	3 (2)	3,179*	2413,190*	35,635*
Temperatura/Basal	3 (2)	1,239*	1296,520*	21,557*
Média		2,29	42,5	3,02
CV (%)		15,93	16,17	8,78

^{ns}, *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente. Não foi considerada a temperatura de 15 °C nas variáveis IVB e AB devido a não brotação das gemas nessa temperatura.

Considerando a variável IVB, as médias variaram de 2,75 a 4,80 para a posição apical, de 1,23 a 2,50 para a posição mediana e de 0,75 a 1,52 para a posição basal. Vale ressaltar que se todas as gemas tivessem brotado no terceiro dia pós plantio, o IVB seria de 6,67 e que não houve brotação das gemas na temperatura de 15 °C, independentemente da posição da gema no colmo (Tabela 4). Foi possível observar que as gemas da posição apical do colmo apresentaram as maiores médias, seguidas das gemas da posição mediana e basal, nesta ordem. Segundo Casagrande (1991), esse padrão se deve a idade cronológica das gemas, aquelas localizadas na posição apical são mais jovens que as medianas e basais.

As gemas apicais, com tecidos mais jovens, apresentam maior atividade metabólica se comparado com as gemas medianas e basais, portanto, brotam rápido (MELO et al., 1995). Aude (1993), destacou um maior teor de água, nitrogênio e glicose nas gemas mais jovens, em contraste com as gemas mais velhas, que possuem maiores teores de minerais e sacarose, que devem primeiro ser transformadas em glicose, demandando tempo e energia, assim, retardando a brotação das gemas mais velhas. Kakde (1985) afirmou que as gemas mais velhas (basais) demoram relativamente mais para brotar, o que procede com os resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 4. Agrupamento de médias para as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) analisadas em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses considerando posição dentro de temperatura e temperatura dentro de posição.

Variável	Temperatura (°C)	Posição		
		Apical	Mediana	Basal
IVB	15	-	-	-
	20	2,75Ac	1,23Bb	0,75Bb
	25	3,93Ab	1,70Bb	1,44Ba
	30	4,80Aa	2,50Ba	1,52Ca
PB	15	0,00Ac	0,00Ac	0,00Ac
	20	70,00Ab	41,66Bb	21,66Cb
	25	80,00Ab	50,00Bb	41,66Ba
	30	93,33Aa	66,66Ba	45,00Ca
AB	15	-	-	-
	20	2,15Ac	0,86Bb	0,43Bb
	25	5,22Ab	1,28Bb	1,20Ba
	30	9,03Aa	5,66Ba	1,34Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Skott Knott a 5% de probabilidade.

As médias de PB variaram de 0 a 93,33% entre as temperaturas para as gemas da posição apical, de 0 a 66,66% na posição mediana e de 0 a 45% para as gemas da posição basal (Tabela 4). As gemas da posição apical do colmo apresentaram as maiores médias de PB, pois há um gradiente de brotação decrescente, das gemas mais novas (apicais) para as mais velhas (basais) (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2017). Das (2005) e Sime (2013) em seus trabalhos também constataram maior porcentagem de brotação em gemas retiradas da parte superior do colmo e o tempo necessário para a brotação também foi menor quando comparado com as gemas retiradas da porção média e inferior do colmo.

Considerando a variável AB, as médias variaram de 2,15 a 9,03 cm para as gemas da posição apical entre as temperaturas de 20 a 30 °C, dado que não houve brotação de gemas de nenhuma posição do colmo quando submetidas a temperatura do ar de 15 °C. Para a posição mediana, as médias variaram de 0,86 a 5,66 cm e na posição basal variou de 0,43 a 1,34 cm (Tabela 4).

Devido as diferenças significativas entre as temperaturas dentro das diferentes posições de gema (Tabela 3), foram realizadas análises de regressão visando avaliar a influência da temperatura do ar no índice de velocidade de brotação (IVB). Para todas as posições, as melhores respostas foram obtidas por meio do ajuste de equações de primeiro grau (Figura 5).

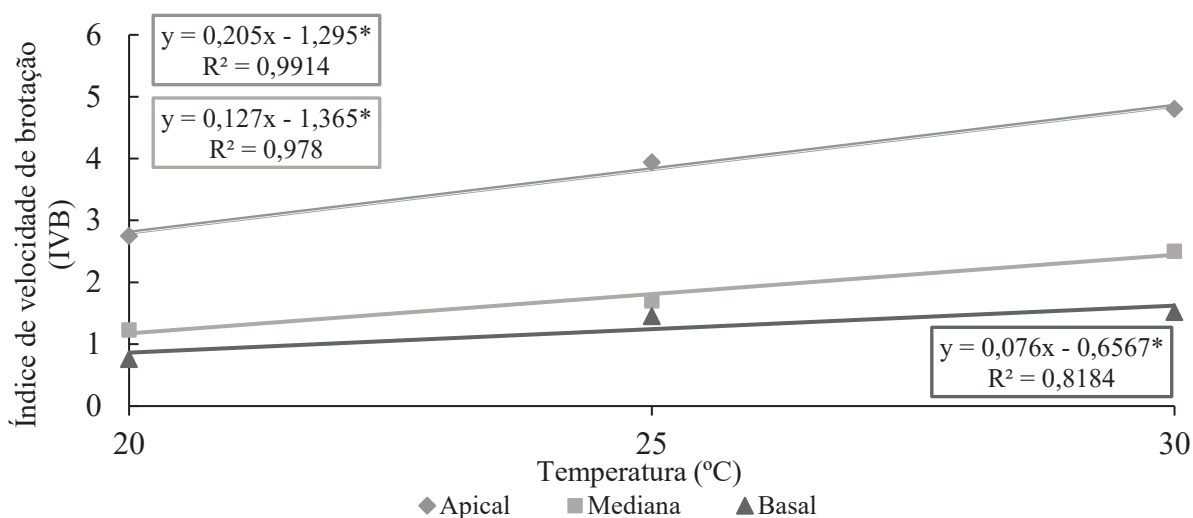


Figura 5. Índice de velocidade de brotação (IVB) de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.

As gemas da posição apical apresentaram um incremento de IVB na medida em que a temperatura foi aumentando, para cada unidade de temperatura houve um incremento de 0,20 no IVB, de 0,12 nas gemas da posição mediana e de 0,07 para a posição basal. Esses valores apresentam uma elevada confiabilidade uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) das três equações foram superiores a 0,81.

Foi ajustada a equação de segundo grau para avaliar a influência da temperatura do ar na porcentagem de brotação (PB) das gemas da posição apical (Figura 6). As gemas da posição apical apresentaram um incremento de PB na medida em que a temperatura foi aumentando até 27,6 °C, valor correspondentes ao ponto máximo de inflexão da curva de regressão. Para as gemas mediana e basal foram ajustadas equações de primeiro grau, sendo que para cada unidade de temperatura houve um incremento de 4,16% na brotação nas gemas da posição mediana e de 3,1% para as gemas da posição basal. Esses valores apresentam uma elevada confiabilidade uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) das três equações foram superiores a 0,89 (Figura 6).

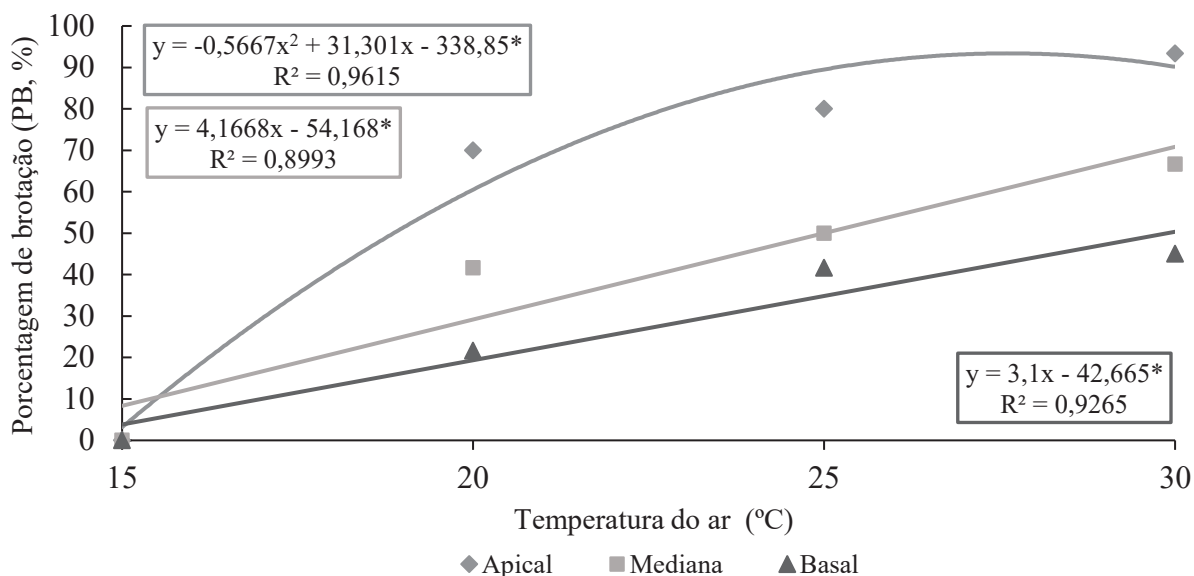


Figura 6. Porcentagem de brotação (PB), de gemas de cana-de-açúcar, de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (15, 20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.

Foram ajustadas equações de primeiro grau para explicar o efeito da temperatura na altura da brotação (AB) das gemas apical, mediana e basal (Figura 7). As gemas de todas as posições, apresentaram um incremento na AB a medida em que a temperatura aumentou, para cada unidade de temperatura houve um incremento de 0,68 cm na AB nas gemas da posição apical, de 0,48 cm nas gemas da posição mediana e de 0,092 cm para a posição basal. Esses valores apresentam uma elevada confiabilidade uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) das três equações foram superiores a 0,79.

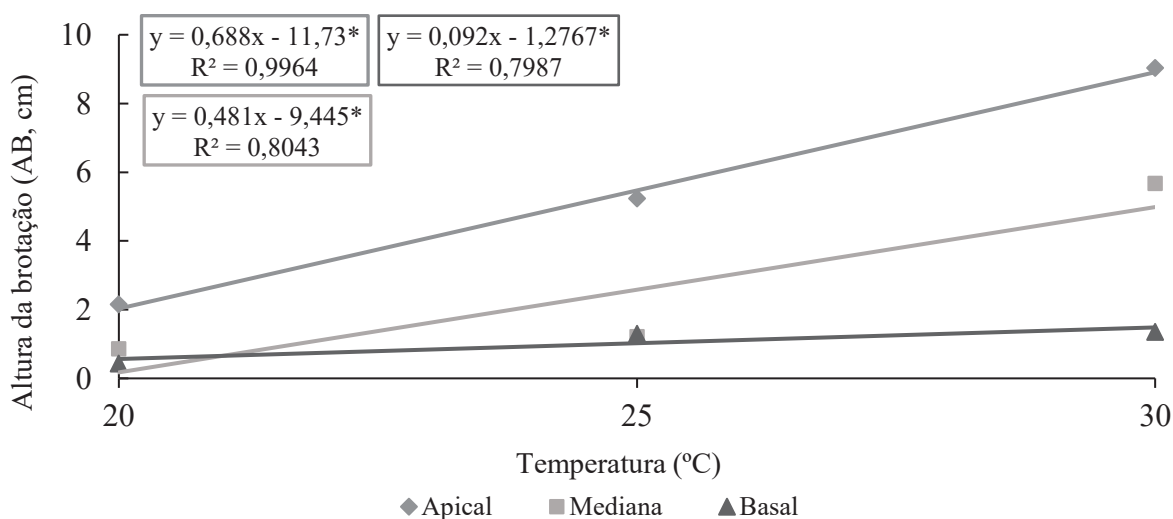


Figura 7. Altura da brotação (AB) de gemas de cana-de-açúcar de distintas posições do colmo (apical, mediana e basal) e temperaturas do ar (20, 25, 30 °C), em gemas de cana-de-açúcar de 18 meses.

De acordo com as três figuras acima é possível inferir que a temperatura do ar é um fator abiótico que desempenha grande influência sob as variáveis analisadas (IVB, PB e AB). A velocidade das reações químicas e a ação dos hormônios vegetais envolvidos na divisão, diferenciação e crescimento celular são fatores influenciados pela temperatura do ar, esse fato explica a baixa brotação em temperaturas amenas (XAVIER et al., 2014).

Whitman et al. (1963), enfatizam que a temperatura ótima para a brotação de cana-de-açúcar é de aproximadamente 30 °C, e entre 10 e 16 °C a brotação é praticamente nula. May e Ramos (2019), asseguram que em baixas temperaturas não se tem boa taxa de brotação de gemas de cana-de-açúcar.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DOIS EXPERIMENTOS

No presente trabalho foi possível observar diferenças entre os resultados dos Experimentos 1 e 2. No experimento 1, onde foram utilizados colmos de cana-de-açúcar com seis meses de idade, independentemente da posição das gemas no colmo, na temperatura de 30 °C todas as gemas tiveram médias elevadas para PB e as gemas da posição mediana apresentaram as maiores médias de IVB (corresponde a rápida brotação das gemas) e AB (Tabela 2).

No experimento 2, onde foram utilizados colmos de 18 meses de idade, na temperatura de 30 °C, gemas da posição apical apresentaram as maiores médias para IVB, PB e AB (Tabela 4). Dessa forma, pode-se inferir que colmos mais jovens devem ser priorizados para produção de mudas pelo sistema MPB.

Além disso é possível observar que as variáveis estão correlacionadas entre si, ou seja, gemas que apresentaram elevado IVB também apresentaram elevada PB e maiores AB (Tabela 5). No Experimento 1, ainda é possível observar uma correlação positiva de magnitude mediana (0,76) entre PB e AB. Por sua vez, no Experimento 2, foram observadas correlações positivas de elevada magnitude entre todas as variáveis. Esses resultados revelam que gemas com alto IVB indiretamente também proporcionam respostas desejáveis nas variáveis PB e AB, nas condições de temperatura avaliadas nos dois experimentos.

Tabela 5. Correlações de Pearson entre as variáveis índice de velocidade de brotação (IVB), altura de brotação (AB) e porcentagem de brotação (PB) analisadas nos Experimento 1 (correlações acima da diagonal principal) e Experimento 2 (correlações abaixo da diagonal principal).

Variáveis	IVB	PB	AB
IVB	-	0,95*	0,88*
PB	0,97*	-	0,76*
AB	0,90*	0,84*	-

*significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste t.

Contudo, a temperatura adequada para o plantio de cana-de-açúcar em sistema convencional (toletes) ou em sistema MPB sem controle de temperatura no município de Morretes se restringe entre os meses de setembro e abril, período em que as temperaturas médias mensais estão acima de 20 °C (Figura 1). Por outro lado, no sistema MPB é possível produzir mudas de cana-de-açúcar o ano todo, desde que em ambiente controlado. Além disso, ainda é possível padronizar as mudas e fazer a implantação do canavial no período do ano em que as condições climáticas forem mais adequadas para a cultura.

4 CONCLUSÃO

Os caracteres morfofisiológicos índice de velocidade de brotação (IVB), porcentagem de brotação (PB) e altura da brotação (AB) são influenciados pela temperatura do ar e pela posição da gema no colmo e pela idade da muda. As maiores médias para IVB, PB e AB foram obtidas a 30 °C (temperatura ideal) utilizando gemas da posição apical em colmos de 18 meses de idade, e em gemas de qualquer posição em colmos de 6 meses. As temperaturas inferiores a 20 °C, independentemente da posição da gema no colmo, interferem negativamente nos caracteres morfofisiológicos. Para a produção de mudas via sistema de mudas pré-brotadas, de forma a ter um maior aproveitamento das gemas, deve-se utilizar preferencialmente colmos mais novos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- ALVES, L. A.; DENADAI, M. S. Plantio de cana-de-açúcar manual X convencional. **Tekhne e Logos**, Botucatu-SP, v. 13, n. 1, p. 40-49, 2022.
- AQUINO, G. S. et al. Development of pre-sprouted seedlings (PSS) of sugarcane under different amounts of filter cake and application modes. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 1899, 20 set. 2018.
- ARLIN, S. D. et al. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.
- AUDE, M. I. S. Estádio de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, v.23, n.2, p.241-248, 1993.
- BACHI, O. O. S.; SOUZA, J. A. G. C. Minimum threshold temperature for sugar cane growth. In: International society of sugar cane technologists, 1978, São Paulo, SP. **Proceedings**. São Paulo, 1978. v. 2, p. 1733-1741.
- BARACAT NETO, J. et al. Initial development and yield in sugarcane from different propagules. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 3, p. 273-278, 2017.
- BEAUCLAIR, E. G. F.; SCARPARI, M. S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T. C. C. et al. (Eds.). Piracicaba: **Livroceres**, 2006. p. 80-91.
- BOARETTO, L. F. **Análise do transcrito e proteoma do colmo de cana-de-açúcar relacionada ao metabolismo da sacarose**. 2012. 177p.
- BONASSA, G. et al. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 144-166, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cachaça 2021** / Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/AECS, 2022. 29 p.
- CARNEIRO, A. E. V.; TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, v.52, p. 199-209,1995.
- CASAGRANDE, A. A.; VASCONCELOS, A. C. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDOMIRANDA, L. L., VASCONCELLOS, A. C. M. D. E LANDELL, M. G. D. A. **Cana-de-açúcar**. 1ª edição - 1ª reimpressão. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010.
- CASAGRANDE, A. A. Tópicos de morfologia e fisiologia de cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP. 1991.
- CASAGRANDE, A. A.; VASCONCELOS, A. C. M. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2008. p. 57-78.
- CIVIERO, J. C. et al. Aplicação de substância húmica e do aminoácido L-glutâmico em diferentes comprimentos da reserva nutricional de tolete de uma gema de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 3, p. 340-347, set. 2014.

- CIVIERO, J. C. et al. Crescimento inicial da cana-de-açúcar em função do tamanho do mini-rebolo e aplicação de bioestimulante. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 9, n.1, p.7-15, 2016.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento. safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, v. 8 – Safra 2021/22, n. 4- Quarto levantamento, p. 1-59, abril 2022. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 28/12/2022.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento. safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, v. 9 – Safra 2022/23, n. 3- Quarto levantamento, p. 1-49, abril 2023. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 24/07/2023.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento. safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, v. 10 – Safra 2022/23, n. 4- Terceiro levantamento, p. 1-58, dezembro 2022. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 03/01/2023.
- DAS, S. D. Influence of aging of seed cane on germinability and vigor of seedlings of sugarcane. **Seed Research**, 2005, v. 9(2) 162-166.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio**. 2022. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/plantio>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- FREIRE, C. S. et al. Qualidade de raízes de mandioca de mesa minimamente processada nos formatos minitolete e rubiene. **Revista Caatinga**, v.27, n.4, p.95–102, 2014.
- IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo Demográfico 2022: **Resultados gerais da amostra**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/morretes/panorama>>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- IPARDES - Instituto paranaense de desenvolvimento econômico e social. **Cadernos Municipais**, 2018. Disponível em: Acesso em: 13 mar. 2023.
- KAKDE, J. K. Sugarcane and production. Akola, **Metroplitan Book Co., LTD.**, New Delhi, 1985. p. 384.
- LANDELL, M.G. de A. et al. **Sistema de multiplicação de cana de açúcar com uso de mudas pré brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 17p.
- LOPES SOBRINHO, O. P. et al. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, n.4, p.1605-1625, 2019.
- MANHÃES, C. M. C. et al. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v.17, n.1, p.163-181, 2015.
- MAY, A.; RAMOS, N. P. **Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas**. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2019, 19p. (Circular Técnica 29).
- MEIRA, E. D. A cachaça morretiana e seus usos turísticos na contemporaneidade. **Cadernos do CEOM** - n. 39 - Economia Criativa e Economia da Cultura, dez. 2013.
- MELO, G. A. et al. Propagação da cana-de-açúcar: alterações nos componentes de reservas do tolete durante a brotação. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 1995, v. 13, n. 5, p. 10-15.

- MEYER, A. C. A introdução de novas variedades de cana de açúcar e o seu comportamento no Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, p. 79-88, 1933.
- MILNER, L. Water and fertilizers management in substrates. In: international congress of citrus nurserymen, 6., 2001, Ribeirão Preto, **Proceeding...** Ribeirão Preto: ISCN, p. 108-111, 2001.
- MORRETES. **Prefeitura Municipal**, 2018. Disponível em:<<http://www.morretes.pr.gov.br/index.php/municipio>> Acesso em: 13 mar. 2023.
- PAO, T. P.; SHIAH, F. Y. A study of the effect of seed setts orientation on the germination characters of sugarcane; cane 1: seedbed investigation. **Annual Report Taiwan Sugar Experiment Station**, Taiwan, v. 22, p.1-50, 1960.
- SEBRAE - Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. **Indicações Geográficas do Litoral do Paraná**. Disponível em:<<http://www.sebraepr.com.br/PortalSebrae/sebraeaz/Indica%C3%A7%C3%A3o-Geogr%C3%A1fica>> Acesso em: 03 mar. 2023.
- SERAFIM, L.G.F. et al. Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana-de-açúcar. In: Congresso latinoamericano y del caribe de ingeniería agrícola, 10, 2012, Londrina. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CLIA/CONBEA, 41., 2012, Londrina. **Anais...** Londrina, [S.n.], 2012.
- SILVA, M. A.; CARLIN, S. D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v.51, n.296, p.457-466, 2004.
- SIME, M. The effect of different cane portions on sprouting, growth and yield of sugarcane (*Saccharum spp. L.*). **International Journal Of Scientific And Research Publications**, v. 3, n. 1, p. 338-340, 2013.
- SIMÕES NETO, D. S.; MARCOS, Z. Z. Influência da quantidade e localização da reserva nutricional do tolete sobre o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 4., Convenção da actalac, 7. Olinda, 1987. **Anais...** STAB, Olinda, 1987. p. 342-351.
- SINGH, S.; SRIVASTAVA, K. K. Effects of soil-water potential on germination of sugarcane setts. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 44, p. 184-187, 1973.
- SOUSA, B.T.; ZUCARELI, V., MARTINS, A.P.C. Quantificação de açúcares totais e auxina no desenvolvimento inicial de mini-toletes de cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.3, p.94-103, 2020.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- THOMAS, A. L. **Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana-de-açúcar**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 76p.
- TRENTO FILHO, A. J. et al. Aspectos da produção de cana-de-açúcar em propriedades rurais do município de Morretes, PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 405-410, 2008.
- WHITMAN, P. C.; BULL, T. A.; GLASZIOU K. T. The physiology of sugarcane; effects of temperature, light and water on set germination and early growth (*Saccharum spp.*). **Australian Journal of Biological Science**, v.15, n.2, p.415-428, 1963.
- WORDEN, W.W. Experimental one-eye cutter. **Sugar News**, Manila, v. 39, n.10, p.650-652, 1963.

- XAVIER, M. A., et al. **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – mudas pré-brotadas (MPB)**. Campinas: Instituto Agronômico. Documentos IAC,113, 2014.
- XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A. Sistema de multiplicação MPB e integração com o setor sucroenergético. **O Agrônomo**, v. 64-66, p. 32-41, 2014.
- XAVIER, M. A.; MENDONÇA, J. R. de; SANGUINO, A. Viveiro de mudas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed). **Cana-de-açúcar**. Campinas, Instituto Agronômico, 2008. p. 535-546.