

Received:
March 18, 2026

Accepted:
May 8, 2026

Published:
May 21, 2026

Production and quality of seedlings of *Pennisetum purpureum* Schum cultivar BRS Kurumi as affected by the position of the mini-cutting on the stem and the forcing of sprouting

Yasmin Oliveira Silva¹ , Paula de Aguiar Silva¹ , Amário Nuno Meireles Duarte¹ 
Vitor Aparecido Martins Soares² , Alexander Seleguini¹ 

¹ Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Iturama, Minas Gerais, Brasil.

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Email address

yasmin.uftm@gmail.com (Yasmin O. Silva) – Corresponding author.

paula.silva@uftm.edu.br (Paula A. Silva)

amario.duarte@uftm.edu.br (Amário N.M. Duarte)

vitor.aparecido@ufvjm.edu.br (Vitor A.M. Soares)

alexander.seleguini@uftm.edu.br (Alexander Seleguini)

Abstract

The production of forage grass seedlings is not a common practice, but for dwarf elephant grass cv. BRS Kurumi, the use of pre-sprouted seedlings is an alternative to optimize quality and reduce establishment costs. Therefore, the objective of this study was to evaluate, for this cultivar, seedling production and quality as a function of the position of the mini-cutting on the stem and the use of a humid chamber in the pre-planting stage. The treatments consisted of combinations of three bud positions on the stem — initial third, middle third, and final third (apical, intermediate, and basal) — subjected or not to acclimatization. A randomized complete block design was used, arranged in a 3×2 factorial scheme, with three replications and 42 seedlings per experimental unit. The following morphological parameters were evaluated: Number of Leaves (NF); Stem Diameter (DC); Shoot Height (SH); Number of Roots (NR); Sprouting Percentage (SP); Dry masses: SDM (shoot dry mass), RDM (root dry mass), TDM (total dry mass). Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey's test at 5%. Little significant difference was observed among the types of mini-ratoons subjected or not to acclimatization; however, based on the statistical analysis, it was concluded that mini-ratoons extracted from the base of the stem result in better seedling growth and quality regardless of acclimatization.

Keywords: Elephant grass, Tropical forage, Humid chamber, Forage grasses, Vegetative propagation.

1. Introdução

1.1 Potencial forrageiro do BRS Kurumi

O capim-elefante “BRS Kurumi” se apresenta como uma solução estratégica para melhorar os índices zootécnicos da pecuária de corte e de leite, especialmente em um cenário de pecuária extensiva caracterizado por grandes áreas degradadas. Essa cultivar destaca-se por sua alta produção de forragem, cerca de 30 toneladas por hectare anualmente, e por apresentar um elevado teor de proteína, entre 18% e 20%, com digestibilidade

variando entre 68% e 70% (Pereira et al., 2021). Além disso, a BRS Kurumi possui características que favorecem o pastejo, como a alta aceitabilidade e o fácil manejo, já que os animais controlam a altura do capim durante o pastejo (Oliveira et al., 2016; Da Rosa et al., 2019). Essa adaptabilidade é essencial para a recuperação de pastagens degradadas, promovendo uma produção mais sustentável e eficiente, em resposta às crescentes demandas por alimentos e à necessidade de reverter a degradação ambiental (Corrêa et al., 2000; Pereira et al., 2021).

1.2 Sistemas de propagação e produção de mudas

No entanto, a implementação do capim-elefante “BRS Kurumi” enfrenta desafios significativos no que diz respeito ao plantio e à propagação. Essa cultivar, lançada em 2015 pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Gado Leite, é propagada exclusivamente de forma vegetativa, seguindo o sistema tradicional de plantio que utiliza os próprios colmos, semelhante ao método empregado na cana-de-açúcar. Embora esse método apresente vantagens, como a simplicidade e a disponibilidade dos insumos, ele também traz desvantagens, como a variabilidade na qualidade das mudas e o alto custo de implantação, que exige uma quantidade significativa de material vegetativo para formar uma área (Pereira et al., 2017).

Alternativamente, o uso de mudas pré-brotadas (MPB) surge como uma solução mais eficiente, permitindo uma instalação mais rápida e padronizada do BRS Kurumi (Santos et al., 2016). O sistema de produção de mudas pré-brotadas, originalmente desenvolvido para a cana-de-açúcar, baseia-se na individualização de gemas e no cultivo em condições controladas de substrato, temperatura e umidade (Landell et al. 2013; Gírio, 2014; Da Rosa et al., 2019). A pesquisa nesse sentido é fundamental para maximizar os benefícios dessa forrageira, contribuindo para a recuperação das áreas degradadas e a melhoria da produtividade nas pastagens (Corrêa et al., 2000; Minighin et al., 2017; Pereira et al., 2021).

A produção de mudas do capim-elefante “BRS Kurumi” demanda a definição de diferentes alternativas para otimizar seu manejo no sistema de plantio. É crucial explorar tecnologias como o uso de substratos adequados (Kohler et al., 2020), bandejas de cultivo, e o tamanho e tipo de extração do minirebolo, que impactam diretamente na qualidade das mudas. A posição de coleta da gema ou do minirebolo, assim como a época de coleta, são fatores determinantes para o sucesso da propagação (Braga, 2016). Além disso, a aplicação de tratamentos químicos pode favorecer a brotação e o enraizamento, enquanto o período de incubação do minirebolo (gema) em condições de escuridão e temperatura controlada é essencial para forçar a brotação da gema (Matoso et al., 2016; Silva et al., 2018).

1.3 Fatores determinantes na qualidade das mudas

A posição do minirebolo no colmo do capim-elefante “BRS Kurumi” é um fator crucial que influencia diretamente a qualidade e a eficiência da propagação. Segundo Silva as gemas coletadas das regiões inferiores tendem a apresentar brotações mais fracas, refletindo em menor produtividade (Silva et al., 2018). Essa dinâmica é semelhante à observada na cana-de-açúcar, onde a posição da gema impacta a taxa de rebrota e a qualidade da muda (Braga, 2016; May e Ramos, 2019). Portanto, entender e otimizar a coleta do minirebolo é fundamental para maximizar a produção de mudas de BRS Kurumi, promovendo um manejo mais eficaz e produtivo.

O forçamento da brotação da gema do minirebolo é uma prática que pode otimizar a produção de mudas do “BRS Kurumi”. Esse processo envolve a incubação do minirebolo em condições controladas de escuridão e temperatura, o que pode acelerar a ativação das gemas e melhorar a taxa de brotação. Silva et al. (2018) adotaram a incubação em caixas de brotação cobertas com lona preta por 15 dias como protocolo de escuridão para forçar a brotação das gemas antes da transferência para o substrato definitivo — prática que assegura condições uniformes de temperatura e umidade independentemente das condições externas. De Marco et al. (2017) demonstraram que ambientes protegidos, proporcionam condições ideais de temperatura e umidade, fatores críticos para a brotação e o enraizamento de minirebolos de gramíneas forrageiras.

Essa perspectiva reforça que o controle ambiental durante a fase de incubação não é apenas um facilitador logístico, mas um fator determinante da qualidade final das mudas. A técnica de MPB para capim-elefante também permite a produção de mudas durante todo o ano, garantindo um suprimento constante de material vegetal para o plantio, além de elevar o padrão de fitossanidade, vigor e uniformidade das mudas produzidas. (Da Rosa et al., 2023).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo investigar o efeito da posição da gema no colmo e do forçamento da brotação no crescimento e qualidade de mudas do capim-elefante “BRS Kurumi”.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo e condições experimentais

Para a realização do experimento, foi conduzido um estudo com foco na produção e avaliação da qualidade das mudas pré-brotadas, realizado de setembro a outubro de 2023, em uma comunidade rural, no município de Campo Florido, Triângulo Mineiro, Minas Gerais, localizada nas seguintes coordenadas $-19.61250234126378^{\circ}$ S, $-48.5511391116496^{\circ}$ W.

O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado como tropical, apresentando precipitações mais intensas de outubro a março e menores de abril a setembro, com variações irregulares na distribuição das chuvas (Embrapa, 2008).

O experimento foi conduzido em bancada de 0,80 m do solo, sob a sombra de uma árvore de mangueira (*Mangifera indica*). Foram utilizadas bandejas de plástico flexível (PVC) de 128 células, preenchidas com substrato comercial Bioflora, à base de casca de pinus, vermiculita, turfa e fibra de coco, próprio para utilização na produção de mudas em bandejas.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento de blocos casualizados (DBC), organizado em um esquema fatorial 3×2 , com três repetições, totalizando seis tratamentos e dezoito parcelas. Os fatores avaliados foram a posição da gema ou minirebolo no colmo, com três níveis (base, ápice e mediana), e o forçamento da brotação, com dois níveis (com e sem utilização da câmara úmida). Cada parcela experimental continha 42 mudas, resultando em um total de 756 mudas (18 parcelas \times 42 mudas por parcela).

2.3 Preparo dos minirebolos e instalação do experimento

Para o experimento, foram utilizados colmos de plantas adultas. Os colmos foram despalhados e as gemas foram cortadas manualmente, de forma individual, utilizando lâmina descontaminada/esterilizada para formar os minirebolos ou minitoletes. O corte foi realizado com tesoura de poda esterilizada em solução de água sanitária a 0,2%, deixando-a mergulhada por cerca de 15 minutos, seguida pela lavagem da ferramenta para eliminar os resíduos do produto.

O experimento foi implantado em 16 de setembro de 2023 e a desmontagem com consequente avaliação final foi realizada em 06 de outubro de 2023, conforme ilustrado na Figura (1).

2.4 Procedimento de pré-brotação em câmara úmida

Para a pré-brotação em câmara úmida, metade dos minirebolos extraídos de cada posição do colmo foi colocada dentro de uma caixa de isopor forrada com substrato umedecido (Figura 2). Os minirebolos foram extraídos todos no mesmo dia e plantados no mesmo dia. Nos tratamentos submetidos à aclimação, os minirebolos foram levados à câmara úmida, onde permaneceram por três dias e, após esse período, foram transferidos individualmente para as bandejas para observação e coleta de dados junto aos demais tratamentos (Figura 3).

2.5 Condução e manejo do experimento

No decorrer do experimento, as bandejas foram irrigadas diariamente duas vezes ao dia utilizando uma mangueira de jardim com jato brando de água para evitar danos às mudas. Durante a manhã as mudas ficaram sob a sombra da mangueira, tomando sol diretamente durante a tarde.

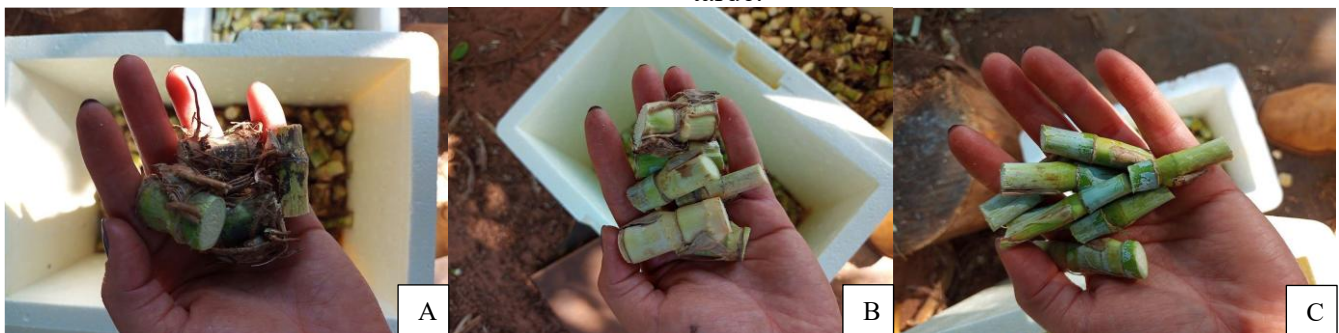


Figura 1 – A) Gemas Basais; B) Gemas Intermediárias; C) Gemas Apicais.

2.6 Variáveis avaliadas

Após a instalação do experimento a brotação das gemas foi avaliada diariamente durante três dias, e, com os valores contabilizados, foi calculado o índice de velocidade de brotação (IVB), conforme Maguire (1962). A altura da parte aérea (AP), em centímetros, foi determinada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, utilizando régua graduada em centímetros. Para a contagem do número de folhas (NF), foram consideradas as folhas definitivas abertas (Figura 3).

O diâmetro do colo foi mensurado com um paquímetro analógico, sendo a medida realizada ao nível do substrato. Também foi avaliado, segundo Dickson et al. (1960), o Índice de Qualidade de Mudas, pela (Equação 1):

$$IQD = \frac{MST (g)}{H (cm) / DC (mm) + MSPA (g) / MSR (g)} \quad (1)$$

Onde:

- a) IQD = Índice de Qualidade de Dickson
- b) MST = Massa Seca Total da muda (g)
- c) H = Altura da muda (cm)
- d) DC = Diâmetro do coleto (mm)
- e) MSPA = Massa Seca da Parte Aérea (g)
- f) MSR = Massa Seca da Raiz (g)

A matéria seca dos diferentes componentes foi determinada em estufa de circulação forçada a 105°C até massa constante.

As aferições para coleta dos dados mencionados foram realizadas a cada 10 dias, contabilizando duas aferições ao longo do experimento. Foram coletadas informações das mudas nas bandejas, sendo escolhidas 5 plantas aleatórias para as aferições, e, somente aos 20 dias (Figura 5), foi realizada a análise destrutiva, onde foram coletados dados sobre o comprimento da maior raiz, o número de raízes e o comprimento da maior folha e massa de matéria seca das diferentes estruturas vegetativas da muda.



Figura 2 – Gemas alocadas na câmara úmida.



Figura 3 – Gemas alocadas fora da câmara úmida, diretamente nas bandejas.



Figura 4 – Gemas com 5 dias dispostas nas bandejas.

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e os efeitos significativos do teste F ($p = 0,05$) foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas Experimentais) foi utilizado para as análises.



Figura 5 - A – 7 dias após plantio das gemas; B – 10 dias após plantio das gemas; C – 20 dias após plantio das gemas

3. Resultado e Discussão

A análise das médias para os parâmetros avaliados nos diferentes tratamentos demonstrou um resultado adverso em relação à hipótese inicial da pesquisa. Os referidos tratamentos, sendo: T1 – Com câmara úmida apical; T2 – Com câmara úmida

basal; T3 – Com câmara úmida intermediária; T4 – Sem câmara úmida intermediária; T5 – Sem câmara úmida basal; T6 – Sem câmara úmida apical, apresentaram pouca ou nenhuma diferença significativa entre si, conforme apresentado na Tabela (1).

Tabela 1 – Análise de médias dos dados biométricos coletados nas bandejas aos 10 e 20 dias.

	Altura de mudas		Número de folhas		Diâmetro de pseudocaule	
	10 DAP	20 DAP	10 DAP	20 DAP	10 DAP	20 DAP
Câmara úmida	cm		unid.		mm	
Com	22,40a	38,67a	2,33a	3,82b	4,33b	5,02a
Sem	21,76a	43,75b	2,16a	3,28a	4,72a	4,86a
Teste F	ns	**	ns	**	ns	*
Posição da gema						
Apical	19,35a	34,56a	2,04a	3,14a	4,75a	4,33a
Intermediário	24,52b	39,55a	2,45a	3,49a	4,85a	4,46a
Basal	22,37b	49,52b	2,25a	4,041b	5,22a	4,79a
Teste F	*	**	ns	**	ns	ns
A*PM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	12,26	7,81	14,49	8,95	7,77	8,11

Legenda: (*) variância a 0,05; (**) variância abaixo de 0,01; ns: não significativo; A: Aclimação; PM: Posição do Minirebolo.

Para a análise de dados considerando o fator de variância, aclimação (A), não houve diferença significativa para a altura na primeira aferição, no entanto na segunda medição, apresentou um resultado significativo, levando a acreditar que aos 20 dias, para o crescimento das mudas, o uso da câmara úmida não fez diferença, pois é possível interpretar que sem a câmara úmida, as mudas apresentaram maior altura. Esse curto período na câmara úmida pode não ter sido suficiente para promover efeitos duradouros no desenvolvimento das mudas após o transplante. Soares et al. (2025), avaliando mudas pré-brotadas de capim-elefante em ambiente protegido e a céu aberto, verificaram que o ambiente controlado proporcionou melhor qualidade às mudas, evidenciando que as condições de temperatura e umidade durante o período de estabelecimento inicial têm impacto significativo sobre os parâmetros biométricos. O período de 3 dias pode ter ajudado a evitar o ressecamento inicial das gemas, mas não foi suficiente para proporcionar

um benefício significativo no crescimento das mudas a longo prazo.

A escolha de 3 dias de câmara úmida, embora pragmaticamente viável, contribuiu para o resultado adverso em relação à hipótese da pesquisa. Landell et al. (2013), em sistema de MPB de cana-de-açúcar, adotaram 10 dias de incubação úmida para garantir a ativação metabólica completa das gemas; já Silva et al. (2018) demonstraram que 15 dias de incubação em câmara úmida resultaram em taxas de brotação superiores a 80% em minirebolos de cana-de-açúcar. Para o BRS Kurumi, Kohler et al. (2020) recomendaram umidade relativa superior a 85% durante o período de pré-brotação, sem, contudo, quantificar a duração ótima. A determinação do período ideal de câmara úmida para essa cultivar constitui, portanto, uma lacuna de pesquisa relevante a ser abordada em estudos futuros.

Além disso, ao serem transplantadas para fora da câmara úmida após 3 dias, as mudas podem ter enfrentado um choque ambiental devido à mudança rápida nas condições de umidade e temperatura, o

que pode ter comprometido o seu desenvolvimento inicial. Xavier et al. (2014), no contexto do sistema de Mudas Pré-Brotadas de cana-de-açúcar, ressaltam que a rustificação gradual das mudas, com redução progressiva das condições de umidade e proteção antes do transplante definitivo, é uma etapa fundamental para minimizar o estresse fisiológico e garantir o estabelecimento adequado das plantas, o que pode ter sido um fator limitante no crescimento das mudas submetidas ao curto período de câmara úmida adotado neste trabalho.

Diante dos dados, é possível observar também, que o uso da câmara úmida, teve algum efeito positivo somente no número de folhas aos 20 dias, 3,82b, Tabela (1).

As diferenças significativas, observadas na Tabela (1), para a variância Posição de Minirebolo (PM), foram observadas na Altura 1, Altura 2, Número de Folhas 2, e Comprimento de Maior raiz e Comprimento de maior folha, na Tabela (2). Para Altura 1 os minirebolos basais e intermediários apresentaram médias semelhantes estatisticamente, com 24,52b e 22,37b, mas para a Altura 2, aos 20 dias, os minirebolos basais apresentaram maior média, diferindo dos apicais e intermediários, com média de 49,52 cm. Essa diferença é consistente

com o que se observa na dinâmica de reservas ao longo do colmo: Braga (2016), trabalhando com mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, demonstrou que minirebolos da região basal acumulam maior quantidade de fotoassimilados em função da maior idade fisiológica do tecido, e que o nível de reservas orgânicas disponíveis influencia diretamente o potencial de crescimento inicial da muda. Mesmo com o curto período na câmara úmida, essa vantagem competitiva das gemas basais prevaleceu.

O desempenho superior das gemas basais pode ser explicado pelo gradiente de reservas nutritivas ao longo do colmo: a base do colmo acumula maiores quantidades de carboidratos não estruturais (CNE) e de hormônios promotores de crescimento (citocininas), enquanto a porção apical apresenta concentrações mais elevadas de auxinas, que exercem efeito inibitório sobre a brotação de gemas laterais — fenômeno conhecido como dominância apical (Taiz et al., 2017). Após a individualização dos minirebolos, a ausência da inibição apical, somada às maiores reservas de CNE disponíveis nas gemas basais, conferiria a essas unidades maior capacidade de rebrota e crescimento inicial.

Tabela 2 – Média dos dados coletados aos 20 dias, para o número de raízes, comprimento de raízes e comprimento de maior folha.

Câmara úmida	Número raízes	Comprimento de raízes	Comprimento de maior folha
	unid.	-----cm-----	
Com	7,23a	9,61a	37,12a
Sem	7,88a	10,67a	39,81a
Teste F	ns	ns	ns
Posição da gema			
Apical	6,56a	8,70a	30,47c
Intermediário	8,35a	9,81ab	38,92b
Basal	7,76a	11,91b	46,08a
Teste F	ns	*	**
A*PM	**	ns	ns
CV	22,93	18,04	7,01

Para a análise de interação entre a Aclimação e a Posição dos Minirebolos (A*PM), Tabela (2), é significativa apenas para o número de raízes (NR), indicando que a combinação de

aclimação e posição dos minirebolos influenciou somente essa variável. Na Tabela (3), segue a análise da interação dos fatores.

Tabela 3 – Interação entre as médias, Aclimação e Posição do minirebolo para o Número de Raízes e Massa Seca das Raízes com aferição aos 20 dias.

Posição gema no colmo	Forçamento da brotação			
	Com		Sem	
	Número de Raízes -----unidade-----		Massa das Raízes -----g-----	
Apical	8,06aA	5,06aA	0,1567 aA	0,1186 bA
Intermediária	6,33aA	9,20bA	0,1797 aA	0,1963 bA
Basal	7,30aA	9,40bA	0,2014aB	0,2672aA

Legenda: letras minúsculas comparam colunas (com e sem câmara úmida); letras maiúsculas comparam linhas (posições dos minirebolos).

Com a análise da Tabela (3), para as gemas apicais, é possível observar, que para a câmara úmida, o número de raízes não teve efeito significativo. Para as gemas intermediárias e basais, as mudas que não passaram pela câmara úmida tiveram um desempenho significativamente melhor, mostrando maior número de raízes. No caso das gemas apicais, as mudas aclimatadas na câmara úmida apresentaram um valor maior (8,06), mas a diferença entre as condições com e sem câmara úmida não foi significativa, no caso das gemas intermediárias, as mudas sem câmara úmida apresentaram um valor maior (9,20) em comparação com as mudas com câmara úmida (6,33). As mudas de gemas basais sem câmara úmida apresentaram um valor maior (9,40) em comparação com as com câmara úmida (7,30). Assim como nas gemas intermediárias, a diferença é significativa, os dados mostram também, que as gemas basais e intermediárias sem câmara úmida, não diferem entre si.

Na Tabela (3), são apresentado também os resultados da avaliação da massa seca das raízes em função da posição das gemas (apical, intermediária e basal) no colmo e da aclimação (com ou sem câmara úmida). Embora os minirebolos apicais aclimatizados em câmara úmida tenham apresentado numericamente maior massa seca das raízes (0,1567 g) em relação ao tratamento sem câmara úmida (0,1186 g), essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$), conforme indicado pela ausência de separação de médias pelo teste de Tukey.

Para as gemas intermediárias, as mudas sem câmara úmida apresentaram maior massa seca das raízes (0,1963) comparado às mudas aclimatadas na câmara úmida (0,1797). No caso das gemas basais, as mudas sem câmara úmida também apresentaram

maior massa seca das raízes (0,2672) em comparação com as mudas aclimatadas na câmara úmida (0,2014).

Sousa et al., (2023) destaca que, a câmara úmida, embora frequentemente empregada para reduzir a transpiração foliar e evitar a desidratação dos propágulos no período inicial de aclimação, pode ter proporcionado condições de umidade acima do ótimo para minirebolos de espécies gramíneas como o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), que possuem elevada capacidade de brotação mesmo sem ambiente de saturação hídrica (Sousa et al., 2023).

O conjunto desses resultados sugere que, para o cultivar BRS Kurumi nas condições experimentais avaliadas, a câmara úmida não representou vantagem para o sistema radicular das gemas intermediárias e basais, indicando que protocolos de aclimação sem confinamento de umidade podem ser mais adequados para essas posições.

Na análise dos dados, Tabela (4), é possível concluir que para a aclimação, com câmara úmida, os resultados indicam menor massa seca das folhas (0,6227), massa seca do rebolo (5,1221), e massa seca total (0,9743), em comparação com sem câmara úmida. Já sem câmara úmida, apresenta maior massa seca das folhas (0,7823), massa seca do rebolo (6,0411), e massa seca total (1,1869), sugerindo que esse tratamento pode ser mais eficaz para essas variáveis. Para a posição dos minirebolos, os apicais apresentaram menor massa seca das folhas (0,4685), massa seca das raízes (0,1553), e massa seca total (4,1261); intermediário, apresentou valores intermediários em todas as variáveis; os basais, apresentaram maior massa seca das folhas (0,9377), massa seca das raízes (0,2192), e massa seca total (7,1733), sugerindo que a posição

basal é a mais eficaz para essas variáveis, esse resultado, sugere, portanto, que as mudas com minirebolos posicionados na base apresentam melhor desenvolvimento vegetativo e são potencialmente de maior qualidade. A posição basal dos minirebolos também resultou em um Índice de Qualidade de Dickson (IQD) mais elevado, Tabela (5), indicando uma melhor qualidade geral das mudas, pois esse índice considera a relação entre altura, diâmetro, e massa seca, dando uma visão integrada da qualidade das mudas. É possível que

esse resultado seja enviesado pelo fato do acúmulo das reservas e dos hormônios.

A interação entre aclimação e posição dos minirebolos foi significativa para a massa seca das raízes (MSR), Tabela (3), e número de raízes por altura (NR/ALT), sugerindo que a combinação desses fatores pode ser crítica para a qualidade radicular das mudas. No entanto, como essa interação não foi significativa para a maioria das outras variáveis, o impacto geral da interação é limitado. Na Tabela (5) é possível observar essa interação.

Tabela 4 – Tabela de variância e comparação de médias estatísticas da Matéria Seca das mudas aos 20 dias.

FV	MSF	MSC	MSR	MS Rebolo	MST
Forçamento da brotação					
-----g-----					
Com	0,62b	0,17a	0,18a	5,12 b	0,98b
Sem	0,78a	0,21a	0,19 a	6,04 a	1,18 a
Teste F	**	ns	ns	*	**
Posição gema no colmo (P)					
Apical	0,47a	0,15a	0,14a	4,12c	0,76c
Intermediário	0,70b	0,20a	0,19ab	4,44b	1,08b
Basal	0,93c	0,22 a	0,23b	7,17a	1,39a
Teste F (P)	**	ns	**	**	**
CV	14,19	21,71	17,18	13,94	14,10

Descrição: MSF (Matéria Seca das Folhas); MSC (Matéria Seca do Caule); MSR (Matéria Seca das Raízes); MS Rebolo (Massa Seca de Rebolos).

Tabela 5 – Variância e comparação de médias para Relações e Índice de Qualidade de Mudas aos 20 dias.

FV	Relação			Índice Qualidade Mudas	MST
	NR / Altura	Altura PA /Comp raízes	MSPA/M SR		
Forçamento da brotação					
-----adimensional-----					
Com	0,19a	8,97a	4,42a	0,073a	0,98 b
Sem	0,17 a	9,21a	5,23a	0,08a	1,18 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	**
Posição gema no colmo (P)					
Apical	0,19a	8,02b	4,63a	0,06a	0,76c
Intermediário	0,21a	8,88ab	4,83a	0,08b	1,08b
Basal	0,15a	10,48a	5,02a	0,09b	1,39a
Teste F (P)	ns	*	ns	**	**
CV	19,52	12,32	16,29	14,65	14,10

Embora os valores de IQD observados (0,06–0,09) sejam inferiores aos limiares convencionalmente adotados para mudas de espécies arbóreas (IQD \geq 0,20; Dickson et al., 1960; Hunt, 1990), a aplicação desse índice a gramíneas forrageiras requer cautela, uma vez que os parâmetros morfológicos de qualidade para essas espécies diferem substancialmente das espécies

lenhosas para as quais o índice foi originalmente desenvolvido (Fonseca et al., 2002). Nesse contexto, a superioridade relativa dos minirebolos basais no IQD é um indicador comparativo interno válido, mas não deve ser interpretado em termos absolutos sem referência a valores de qualidade específicos para o BRS Kurumi ou gramíneas afins.

Na análise dos dados, Tabela (4), é possível concluir que para a aclimatação, com câmara úmida, os resultados indicam menor massa seca das folhas (0,6227), massa seca do rebolo (5,1221), e massa seca total (0,9743), em comparação com sem câmara úmida. Já sem câmara úmida, apresenta maior massa seca das folhas (0,7823), massa seca do rebolo (6,0411), e massa seca total (1,1869), sugerindo que esse tratamento pode ser mais eficaz para essas variáveis. Para a posição dos minirebolos, os apicais apresentaram menor massa seca das folhas (0,4685), massa seca das raízes (0,1553), e massa seca total (4,1261); intermediário, apresentou valores intermediários em todas as variáveis; os basais, apresentaram maior massa seca das folhas (0,9377), massa seca das raízes (0,2192), e massa seca total (7,1733), sugerindo que a posição basal é a mais eficaz para essas variáveis, esse resultado, sugere, portanto, que as mudas com minirebolos posicionados na base apresentam melhor desenvolvimento vegetativo e são potencialmente de maior qualidade. A posição basal dos minirebolos também resultou em um Índice de Qualidade de Dickson (IQD) mais elevado, Tabela (5), indicando uma melhor qualidade geral das mudas, pois esse índice considera a relação entre altura, diâmetro, e massa seca, dando uma visão integrada da qualidade das mudas. É possível que esse resultado seja enviesado pelo fato do acúmulo das reservas e dos hormônios.

A interação entre aclimatação e posição dos minirebolos foi significativa para a massa seca das raízes (MSR), Tabela (3), e número de raízes por altura (NR/ALT), sugerindo que a combinação desses fatores pode ser crítica para a qualidade radicular das mudas. No entanto, como essa interação não foi significativa para a maioria das outras variáveis, o impacto geral da interação é limitado. Na Tabela (5) é possível observar essa interação.

Embora os valores de IQD observados (0,06–0,09) sejam inferiores aos limiares convencionalmente adotados para mudas de espécies arbóreas (IQD \geq 0,20; Dickson et al., 1960; Hunt, 1990), a aplicação desse índice a gramíneas forrageiras requer cautela, uma vez que os parâmetros morfológicos de qualidade para essas espécies diferem substancialmente das espécies lenhosas para as quais o índice foi originalmente desenvolvido (Fonseca et al., 2002). Nesse

contexto, a superioridade relativa dos minirebolos basais no IQD é um indicador comparativo interno válido, mas não deve ser interpretado em termos absolutos sem referência a valores de qualidade específicos para o BRS Kurumi ou gramíneas afins.

O Índice de Velocidade de Brotação (IVB), conforme proposto por Maguire (1962), é uma métrica utilizada para avaliar a rapidez com que sementes ou mudas germinam ou brotam ao longo do tempo. Ele é amplamente empregado em estudos de germinação e desenvolvimento inicial de plantas, incluindo mudas de capim e outras espécies vegetais. Para os minirebolos intermediários, o IVB foi de 75, e para os basais, de 55,83; com essa análise é possível apontar que o melhor índice, para os minirebolos submetidos à câmara úmida, foram os intermediários apresentando maior velocidade para a brotação.

Os cálculos foram realizados também, utilizando os dados do monitoramento das gemas que não foram submetidas à câmara úmida. Para os minirebolos apicais, os cálculos demonstraram um índice de 2,92 de velocidade de brotação, em comparação com os dados anteriores, é possível observar uma queda drástica no IVB. Para os demais minirebolos, os dados entregaram um resultado também diferente do primeiro, sendo respectivamente, 3,92 para os intermediários e 8,58 para os basais. Esses resultados sugerem que as gemas submetidas apresentam valores muito mais altos, nesse aspecto, a velocidade de brotação, foi muito maior. Em contrapartida, os resultados apontam ainda que os padrões de brotação são diferentes, sendo observado que as gemas submetidas à câmara úmida apresentam melhores resultados nos minirebolos intermediários, seguidos de apicais e por fim os basais, já nas gemas que não passaram pela câmara úmida, os minirebolos basais apresentam melhor IVB, seguido dos intermediários e os apicais, foram, relativamente mais lentos.

Os baixos percentuais de brotação observados (Tabela 6) nos minirebolos sem câmara úmida (7% a 25%) contrastam com os valores reportados em sistemas de MPB de gramíneas forrageiras na literatura, que tipicamente superam 60% (Da Rosa et al., 2019; Kohler et al., 2020). Essa discrepância pode ser atribuída ao período reduzido de câmara úmida (3 dias) e às condições não controladas de temperatura.

Tabela 6 – Apresentação do monitoramento de brotação das gemas e porcentagem de brotação dos tratamentos.

Tipos de Minirebolos	Forçamento da brotação								Com	Sem
	Com				Sem					
	Número de brotações após plantio									
	1	2	3	4	1	2	3	4		
Apical	0	30	20	20	0	0	5	5	55,5%	7%
Intermediário	0	30	30	30	0	3	5	3	71%	9%
Basal	0	25	25	10	0	8	10	5	48%	25%

4. Conclusão

Nas condições do trabalho, as mudas aclimatadas sem câmara úmida e com minirebolos posicionados na base apresentam a melhor qualidade geral, refletida na maior biomassa acumulada e em um Índice de Qualidade de Dickson mais elevado, embora tenham apresentado baixa taxa de brotação. Para fins de implantação em escala, a combinação de minirebolos basais com período adequado de câmara úmida constitui uma estratégia mais viável, pois conciliaria as maiores reservas nutricionais das gemas basais com a uniformidade de brotação proporcionada pelo ambiente protegido, aspecto fundamental para o sistema de MPB. Segundo o trabalho realizado, especialmente quando o objetivo é maximizar o crescimento vegetativo e a robustez das mudas, a câmara úmida não apresentou resultados superiores comparados com a não utilização da câmara úmida.

Referências

Braga, N.C.C., 2016. *Produção de Mudanças Pré-Brotadas de Cana-de-Açúcar em Substratos Comerciais e Alternativos com Subprodutos da Indústria Canavieira*. Dissertação. Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Available at: <https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2018-01-04-12-18-32Nanda%20Cristina%20da%20Cunha%20Braga.pdf> [Accessed 02 April 2023].

Corrêa, E.S., Vieira, A., Costa, F.P. and Cezar, I.M., 2000. *Sistema semi-intensivo de produção de carne de bovinos nelores no Centro Oeste do Brasil*.

Boletim Técnico. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande. Available at: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/324073/sistema-semi-intensivo-de-producao-de-carne-de-bovinos-nelore-no-centro-oeste-do-brasil>> [Accessed 05 April 2023].

Da Rosa, P.P., Ávila, B.P., Scheibler, R.B., Kröning, A.B., Sauthier, J., Scheffler, G.H., Schafhauser Junior, J. and Ferreira, O.G.L., 2023. *Produtividade e valor nutritivo do capim elefante BRS Kurumi sujeito a diferentes proporções de desfolhamento*. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 29(1), pp.16-31. <https://doi.org/10.36812/pag.202329116-31>

Da Rosa, P.P., Silva, P.M., Chesini, R.G., Oliveira, A.P.T., Sedrez, P.A., Faria, M.R., Lopes, A.A., Roll, V.F.B. and Ferreira, O.G.L., 2019. *Características do Capim Elefante Pennisetum purpureum (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiaçú*. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 25(1/2), pp.70-84. <https://doi.org/10.36812/pag.2019251/270-84>

De Marco, E., Silva, S.D.A., Peres, M.M., Matoso, E.S., Tatto, F.R., Boelter, J.H. and De Campos, A.D.S., 2017. *Uso de substratos alternativos na produção de mudas de cana-de-açúcar*. Revista da Jornada da Pós-graduação e Pesquisa Congrega URCAMP, 1, pp.2677–2690. Available at: <<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjgpp/article/viewFile/709/415>> [Accessed 25 April 2023].

Dickson, A., Leaf, A.L. and Hosner, J.F., 1960. *Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries*. Forestry Chronicle, 36, pp.10–13. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>

- Fonseca, E.P., Valéri, S.V., Miglioranza, E., Fonseca, N.A.N. e Couto, L. (2002). *Padrão de qualidade de mudas de Trema micrantha (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento*. Revista Árvore, 26(4), pp.515-523. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>
- Girio, L.A.S., 2014. *Eficiência Agronômica de Bactérias Diazotróficas na Cultura da Cana-de-Açúcar (Saccharum spp.)*. Dissertação. Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Available at: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2c975153-91a5-4e35-8f22-87128f62b093/content> [Accessed 01 May 2023].
- Hunt, G.A., 1990. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: *Target Seedling Symposium, Proceedings of the Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*, Roseburg. pp.218-222. Available at: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_other/rmrs_1990_hunt_g001.pdf [Accessed 05 November 2023].
- Kohler, T.W., Mascarenhas, L.S., Kunde, R.J., Lemões, L.S., Härter, A., Cerqueira, V.S. and Silva, S.D.A., 2020. *Substratos a base de compostos orgânicos para produção de mudas de capim-elefante BRS Kurumi*. Research, Society and Development, 9(9), p.e616997678. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7678>
- Labouriau, L.G., 1983. *A germinação das sementes*. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Washington.
- Landell, M.G.A., Campana, M.P., Figueiredo, P., Xavier, M.A., Anjos, I.A., Dinardo-Miranda, L.L., Scarpari, M.S., Garcia, J.C., Bidóia, M.A.P., Silva, D.N., Mendonça, J.R., Kanthack, R.A.D., Campos, M.F., Brancalhão, S.R., Petri, R.H. and Miguel, P.E.M., 2013. *Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas*. Documento IAC, 1, pp.01-15. Available at: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes/iacdoc109.pdf> [Accessed 25 August 2023].
- Maguire, J.D., 1962. *Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor*. Crop Science, 2(1), pp.176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X00200020033x>
- Matoso, E.S., De Marco, E., Bellé, C., Rodrigues, T.A. and Silva, S.D. dos A., 2016. *Desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas*. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa – Congrega URCAMP. Available at: <http://revista.urcamp.edu.br/index.php/rcjppg/artic/view/1735> [Accessed 20 December 2023].
- May, A. and Ramos, N.P., 2019. *Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas*. Embrapa, Jaguariúna, SP. Available at: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1108923/1/AndreMayCT29.pdf> [Accessed 27 August 2023].
- Minighin, D., Gonçalves, C.L., Villanova, F.Q.D., Martins, M.R., Vitarella, G.P. and Carvalho, W.T.V., 2017. *Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão*. Pubvet, 11(10), pp.1036-1045. <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>
- Oliveira, A.R., Arcanjo, A.H.M., Pereira, K.A., Nascimento, A.A. and Nogueira, M.A.R., 2016. *Manejo do Pennisetum purpureum para o pastejo: revisão de literatura*. Nutritime Revista Eletrônica, 13(5), pp.4840-4853. Available at: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-397.pdf> [Accessed 12 November 2023].
- Pereira, A.V., Ledo, F.J.S. and Machado, J.C., 2017. *BRS Kurumi and BRS Capiacu – New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system*. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 17(1), pp.59-62. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>
- Pereira, A.V., Paciullo, D.S.C., Gomide, C.A.M. and Ledo, F.J.S., 2021. *BRS Capiacu e BRS Kurumi: cultivo e uso*. Embrapa, Brasília, DF.

Available at: Agronômico. Available at:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223279/1/Livro-BRS-CAPIACU-E-BRS-KURUMI-final-com-capa.pdf>> [Accessed 15 November 2023]. <<https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes/iacdoc113.pdf>> [Accessed 02 June 2026].

Santos, L.H.T., Gomes, V.M. and Seixas, A.A., 2016. *Propagação do capim-pioneiro com o uso de mudas pré-brotadas*. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 26, pp.1-9. Available at: <<https://revistas.icesp.br/index.php/Real/article/view/4899/2601>> [Accessed 20 November 2023].

Silva, M.Y.O.; Silva, M.M.; Lucas, L.S.; Alves, D.F. and Pereira, J.C.S., 2018. *Desenvolvimento da parte aérea de minirrebolos de cana-de-açúcar em função de doses de ácido indolbutírico e ácido giberélico associadas a tempos de imersão*. In: Congresso Interdisciplinar – Ciência para a Redução das Desigualdades. Available at: <<https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/cifae/article/view/2107>> [Accessed 20 December 2023].

Soares, V.A.M., Silva, I.P. de F. e, Silva, P. de A., Gradella, A. dos S.S., Duarte, A.N.M., Santos, W.S. dos and Seleguini, A., 2025. *Substratos alternativos e diferentes ambientes no desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de capim-elefante*. Revista Delos, 18(67), e5070.
<https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n67-079>

Sousa, M.V.F. de, Paixão, M.V.S., Fernandes, A.R., Lopes, A.S. and Faria Junior, H.P. de, 2023. *Capacidade de campo no enraizamento de estacas da videira*. In: Anais do IV Simpósio de Produção de Mudas, 4. Santa Teresa: IFES. Available at: <https://anais.infobibos.com.br/simpmudas/4/Resumos/ResumoSimpMudas4_0029.pdf> [Accessed 16 October 2024].

Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I.M. and Murphy, A., 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6th ed. Porto Alegre: Artmed. Available at: <<https://archive.org/details/taiz-zeiger-fisiologia-vegetal-6a-ed>> [Accessed 08 June 2024].

Xavier, M.A., Landell, M.G.A. and Campana, M.P., 2014. *Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistemas de multiplicação de cana-de-açúcar – Mudas Pré-Brotadas (MPB)*. Documentos IAC, n. 113. Campinas: Instituto