



LUC VIAN

**MÉTODOS DE ENCAPSULAMENTO DE MINITOLETES DE
CANA-DE-AÇÚCAR COM BIOFILME DE AMIDO**

**LAVRAS – MG
2021**

LUC VIAN

**MÉTODOS DE ENCAPSULAMENTO DE MINITOLETES DE
CANA-DE-AÇÚCAR COM BIOFILME**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras
como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharelado
em Agronomia.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Orientador

Msc. Jefferson Henrique Santos Silva
Coorientador

**LAVRAS – MG
2021**

LUC VIAN

**MÉTODOS DE ENCAPSULAMENTO DE MINITOLETES DE
CANA-DE-AÇÚCAR COM BIOFILME DE AMIDO**

**METHODS OF ENCAPSULATION OF MINITOLETES OF
SUGAR CANE WITH STARCH BIOFILM**

Monografia apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 19 de março de 2021.

Dr. Guilherme Vieira Pimentel UFLA

Msc. Jefferson Henrique Santos Silva DAG-UFLA

Msc. Flavia Reis Sales DCS-UFLA

Msc. Cassia Duarte Oliveira DCA-UFLA

Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Orientador

LAVRAS – MG
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, aos meus pais, Jean Pierre Vian e Taciana Lemos Bicas Vian, a minha irmã Mariana Bicas Vian e ao meu irmão Pedro Vian, por todo o apoio, paciência, amor e companheirismo.

Ao Prof. D^a. Guilherme Vieira Pimentel, por abrir às portas e permitir que eu conhecesse o mundo fantástico da cultura da cana-de-açúcar. Agradeço por sua boa vontade em compartilhando seus conhecimentos e ensinamentos.

Ao Msc. Jefferson Henrique Santos Silva , que além da ajuda me mostrou os caminhos e a beleza da ciência. Agradeço pela valiosa orientação, paciência e prontidão sempre que precisei.

A todos da minha turma de Agrônômica 2016/2, por todo apoio, cumplicidade e companheirismo, em especial ao Gonçalo Gabriel Ramos, Artur Salomão, Pedro Capelossi, João Victor Mariani, Leonardo Scarazzatti, Augusto Junqueira, Luiz Flávio Machado e Bruno Sacco. Vocês foram os motivadores desta trajetória, tornando-a mais leve e divertida.

A Universidade Federal de Lavras pela oportunidade da realização da graduação e ao Departamento de Agronomia pela formação. Agradeço também aos professores que se dedicaram ao meu ensino, estes recebem meus aplausos e agradecimentos.

**Aos meus pais,
Jean e Taciana**

Dedico

RESUMO

A técnica de plantio de cana-de-açúcar pouco mudou desde o início do cultivo da cultura no Brasil. Predominando ainda o método de propagação por meio de colmos ou fragmentos de colmos para estabelecimento de canavial. Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas visando aprimorar esse sistema tradicional, como o uso de mudas pré-brotadas e sementes sintéticas, de forma a diminuir a quantidade de material vegetal e gerar melhores rendimentos. Dessa forma, objetivou-se avaliar o potencial de brotação dos minitoletes de cana-de-açúcar encapsulados sob diferentes métodos com biofilme de amido. A condução do experimento foi realizada no laboratório de Grandes Culturas do departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras-MG. Os colmos de cana-de-açúcar foram selecionados e, seccionados na região apical com aproximadamente 2,9 cm de largura. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, contendo quatro tratamentos, sendo três métodos de encapsulamento (mergulhado, revestido e mergulhado + revestido) e o controle, cada tratamento conteve 25 repetições/tratamento, sendo 1 minitolete/repetição. Após o encapsulamento os minitoletes foram plantados em saco plástico contendo substrato e vermiculita, e levados para casa de vegetação. Em seguida, avaliou-se a germinação diária até o trigésimo dia e calculou-se o índice de velocidade de emergência (IVE), a porcentagem de brotação e o peso de matéria fresca e seca da parte aérea e radicular. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a porcentagem de brotação. Para a velocidade de emergência, os tratamentos, controle e mergulhado apresentaram as maiores médias, não diferindo estatisticamente entre si. O encapsulamento com biofilme de amido não inibiu a brotação dos minitoletes, e o tratamento mergulhado favoreceu uma brotação mais rápida e uniforme.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., Brotação, Revestimento

ABSTRACT

The technique of planting sugarcane has changed little since the beginning of the cultivation of the crop in Brazil. The method of propagation through stalks or stalk fragments predominates for the establishment of cane fields. Several techniques have been developed in order to improve this traditional system, such as the use of pre-sprouted seedlings and synthetic seeds, in order to reduce the amount of plant material and generate better yields. Thus, the objective was to evaluate the sprouting potential of sugarcane minitallets encapsulated under different methods with starch biofilm. The experiment was conducted in the Laboratory of Large Cultures of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras - UFLA, Lavras-MG. The sugarcane stalks were selected and sectioned in the apical region, approximately 2.9 cm wide. The experiment was carried out in a completely randomized design, containing four treatments, three of which were encapsulation methods (layered, coated and layered + coated) and the control, each treatment contained 25 repetitions / treatment, being 1 mini-slide / repetition. After encapsulation, the minitallets were planted in a plastic bag containing substrate and vermiculite, and taken to a greenhouse. Then, the daily germination until the thirtieth day was evaluated and the emergence speed index (ESI), the percentage of sprouting and the weight of fresh and dry matter of the aerial and root parts were calculated. There was no significant difference between treatments for the percentage of sprouting. For the speed of emergence, the treatments, control and layer presented the highest averages, not differing statistically between them. The encapsulation with starch biofilm did not inhibit the sprouting of the minitallets, and the dipped treatment favored a faster and more uniform sprouting.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., Sprouting, Coating

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1	Importância da cana-de-açúcar.....	3
2.2	Produção de mudas de cana-de-açúcar.....	4
2.2.1	Propagação assexuada – brotação.....	5
2.3	Tecnologias da produção de mudas	6
2.3.1	Mpb – sistema de mudas pré-brotadas.....	6
2.3.2	Plene.....	7
2.4	Biofilme	9
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1	Material vegetal.....	10
3.2	Encapsulamento dos minitoletes e armazenamento.....	10
3.3	Características avaliadas.....	11
3.4	Análise estatística.....	11
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.	CONCLUSÃO.....	15
6.	REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	16

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura propagada vegetativamente, que em sua grande maioria é plantada de forma manual. O método tradicional obriga as usinas a fazerem mudas com a cana-de-açúcar que poderia ser processada na fábrica. Esse sistema exige uma enorme quantidade de material propagativo para o plantio, de 15 a 21 gemas/metro, o que corresponde de 11 a 14 toneladas de colmos/hectare. Já no o plantio mecanizado, a quantidade de colmos utilizados é ainda maior, alcança níveis superiores a 20 t/ha, devido ao alto risco de falhas no estande. Com isso, a indústria precisa destinar pelo menos 5% da área de cana para o plantio.

Uma alternativa para a redução de material propagativo no plantio seria a utilização de segmentos do nó (explantos) contendo uma única gema. Dessa forma, o volume poderia ser reduzido em cerca de 80% e, assim, facilitaria o armazenamento e o transporte do material para propagação das plantas “sementes”.

Novas tecnologias estão surgindo com o intuito de reduzir cada vez mais o tamanho dos propágulos (BRAMBILLA, 2013). Novos domínios tecnológicos de alta complexidade na propagação da cana-de-açúcar, tem sido o foco de interesse dos grandes grupos sucroenergéticos. O que proporcionou um aumento de estudo e pesquisa na última década (2005-2015), envolvendo diferentes campos da ciência. Vários projetos de pesquisa foram realizados para modernizar o processo de plantio.

Diante das desvantagens dos métodos tradicionais, novos sistemas de plantio foram desenvolvidos visando a qualidade das mudas. O sistema de plantio de mudas pré-brotadas (MPB) permite redução na quantidade de material de plantio e melhor controle do vigor das plântulas (LANDELL et al., 2012; XAVIER et al., 2014; XAVIER et al., 2014). Outro sistema de plantio (Plene™), desenvolvido pela Syngenta, usa colmos de 4 cm de calibre, com uma gema, tratadas com pesticida (MARTINHO et al., 2010). As "lascas de minitoletes", contendo parte do nó do colmo, também são uma alternativa promissora para a redução dos custos de produção de cana-de-açúcar, embora seja necessário melhorar as taxas de sobrevivência e o vigor das plantas em condições de campo (JAIN et al., 2010).

Nesse contexto, o desenvolvimento de novas técnicas de produção de mudas e uso de novas tecnologias para a formação de plantio comercial torna-se importante para aumentar a produtividade, melhorar o sistema clássico de propagação e proporcionar rendimentos ao setor canavieiro e ao desenvolvimento sustentável da cultura. O uso de biofilmes como material encapsulante é uma grande alternativa, pois, além de apresentar proteção, inibir ou reduzir a permeação de umidade, oxigênio e dióxido de carbono é sustentável e tem impacto positivo

muito importante para o meio ambiente, sendo derivado de celulose, proteínas e amido, reduzindo o uso de materiais derivados de petróleo. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de brotação dos minitoletes de cana-de-açúcar encapsulados sob diferentes métodos com biofilme de amido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cana-de-açúcar

A cadeia sucroenergética possui relevante colaboração na geração de renda e empregos, pois mesmo com redução de áreas e produção o setor gera cerca de quase dois milhões de empregos. Segundo dados do CEPEA 3,2% do total de trabalhadores no agronegócio em 2017 atuavam nas atividades da cadeia sucroenergética (relacionadas à produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol). A atividade ainda manifesta elevados patamares de formalização dentro do agronegócio, englobando 8% de todos os postos de trabalho com carteira assinada do setor no mesmo ano. Comparativamente, ao passo que na atividade agrícola da cultura de cana-de-açúcar 80% dos trabalhadores são contratados com carteira assinada, para a agricultura brasileira de forma geral esse índice é de somente 17% (CEPEA, 2018).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo, com produção de 642.717,8 mil toneladas de cana colhidas em uma área de 8.442,0 mil hectares e produtividade média de 76,133 kg/ha, segundo dados do Conab da safra 2019/2020. Dentro do cenário nacional, o estado de São Paulo é o que mais se destaca, com uma área de 4.400,6 mil hectares, produção de 450.426,3 mil toneladas de cana colhidas e produtividade média de 79,636 kg/ha. Seguido em produção pelos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná, fazendo com que estes 5 estados em conjunto correspondem a quase 90% da produção nacional (CONAB, 2020).

O açúcar e o etanol são os produtos que mais se destacam dentre todos os produtos derivados da cana de açúcar. Só na última safra foram produzidas 29.795,7 mil toneladas de açúcar e destilados 29,3 bilhões de litros de etanol, colocando o Brasil na segunda colocação em produção mundial de açúcar e em primeiro em etanol oriundo dessa planta (CONAB, 2020).

Além destas mercadorias, o setor sucroenergético vem buscando aumentar a produção de eletricidade, de forma a gerar mais energia de fontes renováveis e aumentar a lucratividade. A crescente busca por fontes de energias renováveis, leva o Brasil a investir cada vez mais no aumento de áreas para cultivo de cana-de-açúcar. Espera-se que a área de cultivo desta cultura no Brasil, aumente mais de 5 milhões de hectares até 2030, principalmente, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Pará, através da conversão de pastagens (ALKIMIM et al., 2015).

2.2 Produção de mudas de cana-de-açúcar

Nas gramíneas o processo de florescimento ocorre de forma natural, sendo indispensável para a sobrevivência da espécie. Porém, para a cultura da cana-de-açúcar isso se caracteriza como uma desvantagem, do ponto de vista de produção comercial, uma vez que o florescimento paralisa o crescimento vegetativo do colmo, resultando em perda de rendimento de açúcar, haja vista que a planta inicia a translocação de assimilados para a formação da folha bandeira, a qual protegerá a inflorescência, que também recebem assimilados. Além disso, após o florescimento pleno a cultura entra em senescência, permitindo novas brotações, o que impacta negativamente no açúcar total recuperável (ATR), uma vez que a planta também precisa translocar assimilados para os novos brotos. Dessa forma, o florescimento torna-se viável apenas quando se deseja a produção de sementes para fins de melhoramento genético (CHABREGAS, 2010).

Em sua grande maioria o estabelecimento dos canaviais é realizado por meio de propagação assexuada, feita mediante ao uso de colmo cortado em pedaços de aproximadamente trinta centímetros, contendo de 3 a 5 gemas, portadoras de tecidos meristemáticos com elevada capacidade proliferativa. Essas gemas localizam-se na base do nódulo, que são meristemas embrionários laterais e se mantêm inativas durante a dominância apical, devido à produção de auxinas pela gema do ápice, que quando removida ou morta, as gemas laterais se desenvolvem, produzindo novos brotos (MAGRO et al., 2011; BRAMBILLA, 2013).

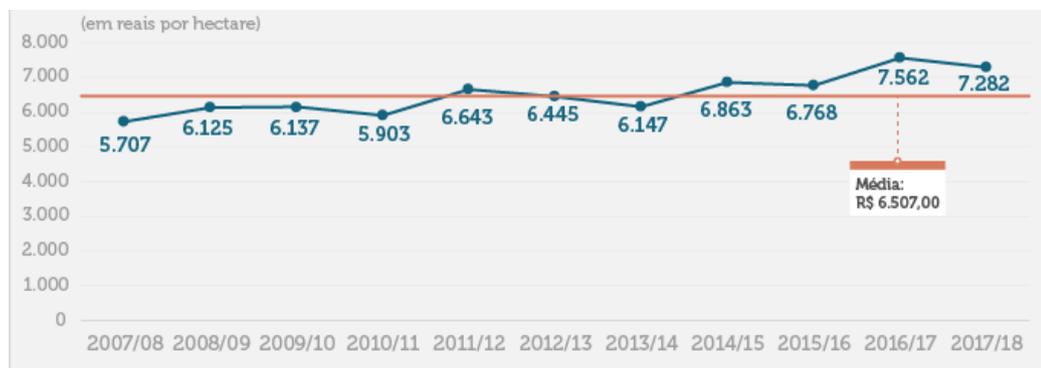
No sistema convencional utiliza-se de 15 a 21 gemas por metro, que em termos de volume são gastos de 11 a 14 t ha⁻¹. Já com o plantio mecanizado, as falhas no estande se tornaram mais frequentes, sendo assim, foi necessário aumentar o volume de colmos plantados, passando para 20 t ha⁻¹, um gasto excessivo de colmos que poderiam ser destinados à indústria (LANDELL et al., 2013).

A implantação de um novo canavial necessita de alto investimento e a busca por canaviais com longevidade alta é o desafio de todos os profissionais. A reforma do canavial é uma atividade complexa, porém necessária para viabilidade econômica da empresa e exige um planejamento técnico, operacional e financeiro que atenda a necessidade de formação de viveiros para mudas, alocação de novas variedades nos diferentes ambientes de produção, distância da unidade industrial e volume de matéria-prima para atender a demanda industrial (BORBA; BAZZO, 2009).

Para renovação do canavial são necessários em média cerca de R\$ 6.507,00 por hectare (Figura 1). Dependendo das particularidades dos insumos usados e das práticas de plantio

adotadas pelo produtor, esta operação pode variar entre R\$ 5.939,31 e R\$ 9.054,49 por hectare. Sendo o valor gasto só com as mudas de 1.630,14 por hectare (KOSTER, 2019).

Figura 1 – Evolução do custo do plantio de cana ao longo das safras



Fonte: Pecege / Elaboração: novaCana.com (2019).

2.2.1 Propagação assexuada - Brotação

A brotação é um processo biológico, que como todos os outros, consome energia. Essa energia é originária da degradação de substâncias de reserva do colmo, através do processo de respiração, isto é, moléculas de O₂ são necessárias para “queimar” essas substâncias. Num período de cerca de 60 dias, as reservas dos toletes são fundamentais para a evolução do processo de brotação, reduzindo essa dependência à medida que o sistema radicular se desenvolve, aumentando a superfície ativa de absorção de água e nutrientes do solo (MAGRO et al., 2011).

Muitos fatores podem influenciar a brotação da cana, sendo eles, fatores ambientais (temperatura e umidade), genéticos e fisiológicos (variedade, idade, tamanho e sanidade das gemas) e fitotécnicos (práticas agrícolas realizadas no campo) (SERAFIM et al., 2012). Em condições favoráveis as gemas começam o seu desenvolvimento, primeiro inicia o desenvolvimento do sistema radicular, que ocorre logo após o plantio e em seguida ocorre a brotação, que pode durar quase um mês. A planta jovem vive através da reserva presente no colmo e com uso parcial de água e nutrientes supridos pelas primeiras raízes, cada gema pode formar um colmo principal de uma touceira (MAGRO et al., 2011). A capacidade de brotação das gemas reflete diretamente no estabelecimento do canavial, pois trará à área cultivada plantas vigorosas e uniformes (JADOSKI et al., 2010).

Os principais problemas relacionados à propagação assexuada estão ligados a desinfecção das gemas, oxidação do material vegetal, e a baixa quantidade de plantas obtidas

por gema (VASQUÉZ-MOLINA et al., 2005). O que requer uma grande quantidade de colmos para garantir um alto estande e consequente produtividade. Além disso, essa grande quantidade de material dificulta processos de transporte e armazenamento, causando a rápida deterioração das gemas, reduzindo sua viabilidade e posterior emergência (JAIN et al., 2010).

2.3 Tecnologias na produção de mudas

Existem diversos métodos para produção de mudas de cana-de-açúcar que vão desde os mais clássicos, que consistem na retirada de fragmentos do colmo e transplântio para o solo, aos mais desenvolvidos com sistemas de mudas pré-brotadas, para produção de mudas livres de patógenos e alta homogeneidade. O método convencional de produção de muda ainda é o mais usual nas plantações comerciais de cana-de-açúcar, contudo, as novas tecnologias para produção de mudas são necessárias e requerem investimentos em pesquisas para viabilizar alta produtividade (SILVA, 2018).

Considerando as dificuldades do setor em reformar canaviais, empresas do setor público e privado estão buscando novas tecnologias para o plantio de cana-de-açúcar. Tecnologias que além de baratear a reforma de canaviais possam economizar áreas, diminuir custos em relação a uso de defensivos, produzir mudas saudáveis, diminuir custos em relação ao consumo de combustíveis, através da redução de quantidade de vezes em que a máquina é operada na área de produção, e que consequentemente reduz a compactação do solo. Entre essas tecnologias podemos citar: Mudas Pré Brotadas (MPB), Plene™ e AgMusa™.

2.3.1 MPB – Sistema de mudas pré-brotadas

Desenvolvida pelo Programa Cana do Instituto Agronômico, as mudas pré-brotadas (MPB) que também são conhecidas como “gema a gema”, têm como principais objetivos reduzir o volume de colmos e melhor controle na qualidade e vigor das mudas, que irá refletir diretamente num canavial homogêneo e de excelente padrão clonal. Além de levar ao melhor aproveitamento dos recursos hídricos e nutricionais, devido sua forma de distribuição espacial das mudas (XAVIER et al., 2014).

O sistema de multiplicação e outros modelos similares que apresentam os mesmos princípios denotam oportunidade de estabelecer um novo conceito, ou seja, realizar o plantio para formação de viveiros a partir de uma plântula desenvolvida em condições de controle, semelhante ao que ocorre com outras culturas de amplo cultivo comercial (XAVIER et al., 2014).

Para a produção das mudas pré-brotadas são necessárias seis etapas; começando pela segmentação dos minitoletes, em seguida o tratamento químico, brotação, individualização/repicagem, aclimatação fase 1 e finaliza com a aclimatação fase 2. Essas etapas são realizadas em um período estimado de 60 dias e podem ser estratificadas em dois subgrupos: pré-brotação e aclimatação. O primeiro subgrupo constitui-se na fase mais crítica do processo, no qual devem ser investidos os maiores detalhamentos e níveis de controle (LANDELL et al. 2013; XAVIER et al., 2014).

O sistema MPB tende a reduzir o peso “negativo” das características morfológicas das plantas que servirão como matrizes, tais como, formato e disposição dos internódios, quantidade de cera, presença ou não da canaleta da gema, cor do colmo, largura do anel de crescimento, saliência do anel de crescimento do nó, largura da zona radicular do nó, entre outros. Isso porque a individualização de pequenos segmentos do colmo, juntamente com o tratamento adequado, estabelece condições ideais para o sucesso da brotação (LANDELL et al. 2013).

As plantas também possuem total controle de pragas, já que as gemas passam por um tratamento térmico e com fungicida, e as plantas são inspecionadas visualmente “roguing”, sendo o produto mudas de qualidade. Os produtores que possuem escalas médias e pequenas de produção podem adquirir o kit de pré-brotação, que é composto por guilhotina semi automática, recipiente para tratamento químico e principalmente câmara para brotação de gemas de cana-de-açúcar (XAVIER et al. 2014).

2.3.2 PLENE

Em 2006 a multinacional Syngenta desenvolveu o Plene™. Um produto que tem como propósito transformar pedaços de cana-de-açúcar associado a produtos químicos em uma espécie de “semente” (GRANDO, 2010). O Plene™ está registrado pela patente US 2010/0257640 A1, diferenciando-se por uma tecnologia de plantio com redução de operações agrícolas, proteção de pragas, nematóides e doenças (ARAMAKI et al., 2010).

Durante o período de dezembro de 2007 a junho de 2009 foram conduzidos experimentos para avaliar diferentes idades das gemas, diferentes regiões do colmo, posição destes segmentos no chão, e especialmente o prazo de validade das gemas produzidas com a tecnologia Plene™, e concluíram que com a tecnologia as gemas se apresentaram livres de fungos, germinando mesmo após 12 dias armazenadas, não importando a posição no plantio (MARTINHO, et al., 2010). Em 2010 o PLENE™ foi oficialmente lançado no mercado, a

tecnologia consistia em toletes de 5 cm de cana, oriundos da biofábrica da empresa em Itápolis (SP). O produto, considerado uma revolução na época, foi lançado com a promessa de gerar um ganho de produtividade de 5% a 10% aos canaviais. Apesar de inovador, o produto precisou de alguns ajustes (BATISTA; CAETANO, 2014).

A Syngenta em parceria com o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa) e com o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) desenvolveram novas possibilidades tecnológicas para a cana-de-açúcar, são elas a PLENE Evolve, muda desenvolvida para viveiros pré-primários, e a PLENE PB, mudas pré-brotadas.

Novos produtos estão prestes a entrar no mercado, segundo Syngenta o Novo PLENE™ complementa o sistema de produção da cultura PLENE Evolve e PLENE PB, já adotado no Brasil, o Novo PLENE™, nome da tecnologia da Syngenta, também conhecido por CEEDS™ (Crop Expansion Encapsulation and Drilling System), colocará no mercado gemas de cana-de-açúcar encapsuladas que agilizarão o processo de plantio, com mais velocidade e qualidade, além de facilitarem identificação de falhas no canavial. A tecnologia também oferece taxa de multiplicação mais elevada e um menor custo por tonelada em comparação com sistemas de plantio convencionais. O mercado-alvo é cerca de dois milhões de hectares plantados anualmente no Brasil, com comercialização a partir de 2017 (MONTEIRO, 2011).

Os segmentos de cana-de-açúcar Plene™ são tratados com aplicações e cuidados de sementes para protegê-los em fase inicial de crescimento, o plantio é mais rápido e mais fácil do que os métodos convencionais, isto irá reduzir os custos de plantio de cana-de-açúcar em 15 por cento por hectare. A equipe de desenvolvimento está trabalhando com o fabricante de equipamentos agrícolas John Deere para desenvolver máquinas mais eficientes. Os custos de produção com o PLENE™, para o cliente é 15% menor do que o plantio manual, o qual tem um custo de US\$2.250,00 por hectare e o mecanizado um custo de US\$2.100,00 por hectare (CRUZ et al., 2009).

2.4 Biofilme

Biofilme é um filme fino preparado a partir de materiais biológicos como: proteínas, polissacarídeos, lipídios ou da combinação destes compostos, que pode atuar como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos e aumentar a sua vida útil (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008).

Inúmeros estudos têm sido realizados sobre caracterização das propriedades funcionais de filmes de amido, pois, conforme Mali, Grossmann e Yamashita, (2010), o amido é uma

matéria-prima abundante em todo o mundo, apresenta muitas possibilidades de modificação química, física ou genética e origina filmes e revestimentos resistentes. Além disso, os biofilmes de amido apresentam potencial de aplicação nos setores alimentício, agrícola, farmacêutico e em diversos setores onde a biodegradabilidade é requerida (BATISTA, TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; BASTIOLI, 2005).

Filmes constituídos por proteínas e polissacarídeos normalmente apresentam alta resistência mecânica, óptica e sensorial e permeabilidade seletiva a gases, como oxigênio e gás carbônico, mas são sensíveis à umidade e apresentam alta permeabilidade ao vapor d'água (BATISTA, TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; FAKHOURI et al., 2007).

Conforme Mali, Grossmann e Yamashita, (2010), filmes de amido sem plastificantes, são resistentes e elásticos e, à medida que se aumenta o teor de plastificante, estes materiais se tornam mais flexíveis e deformáveis. Durante o resfriamento, após o processamento, ou quando o biofilme é armazenado, ocorre a formação de estruturas cristalinas devido à recristalização da amilopectina e cristalização da amilose, apesar de essa última não apresentar cristalinidade em seu estado nativo (CORRADINI et al., 2005). Os agentes plastificantes são materiais que podem ser incorporados aos filmes com intuito de modificar beneficemente suas propriedades mecânicas, sensoriais, nutricionais ou de proteção. O material plastificante reduz as forças intermoleculares, suaviza a rigidez estrutural do filme e aumenta a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, o que resulta na melhoria de suas propriedades mecânicas (VEIGA-SANTOS et al., 2005).

O uso de biofilmes para diversas finalidades depende de suas propriedades funcionais, como barreira à umidade, gases e solutos, solubilidade em água, propriedades óticas, características mecânica, reológicas e propriedades térmicas, que em princípio, dependem do polímero, do processo de obtenção e modo de aplicação, do condicionamento e da espessura do filme (MAHMOUD; SVELLO, 1992; PARK et al., 1993).

3. MATERIAL E MÉTODO

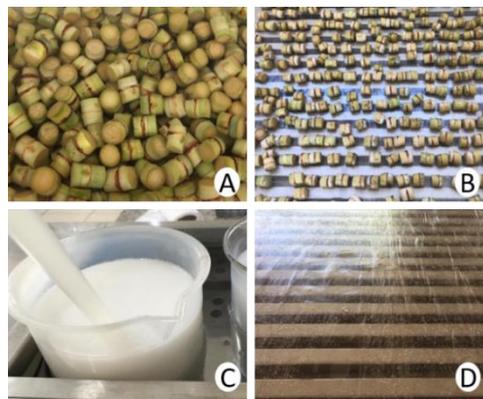
3.1 Material vegetal

Para a realização deste trabalho foram coletadas canas-de-açúcar com 10 meses de idade, da variedade RB966928, oriundas do banco ativo de germoplasma da estação experimental da Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém, no município de Lavras, em Minas Gerais, Brasil.

Os colmos de cana-de-açúcar utilizados para a extração dos minitoletes foram oriundos apenas da região apical, segmentados transversalmente com auxílio de uma guilhotina e selecionados quanto à aparência, estágio de maturação, ausência de danos físicos e livres de doenças ou pragas.

Em seguida, os minitoletes foram lavados para retirada das impurezas com detergente comercial em água corrente por dez minutos e, na sequência, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 1% durante dez minutos (Figura 2A). Posteriormente foram submetidos a uma tríplice lavagem e secagem para a retirada do excesso (Figura 2B).

Figura 2 - Aspectos dos minitoletes após serem segmentados e sanitizados (A). Minitoletes postos para secagem (B); solução aquosa do biofilme (C); secagem do biofilme (D).



Fonte: Do autor (2021).

3.2 Encapsulamento dos minitoletes

A condução do experimento foi realizada no laboratório de Grandes Culturas do departamento de Agricultura – UFLA. O biofilme foi preparado segundo a técnica de casting (YANG; PAULSON, 2000), que consiste na desidratação de uma solução filmogênica (SF) (Figura 2C). As suspensões foram submetidas à desidratação em estufa com ventilação forçada,

à temperatura de 40 °C por 24 horas (Fig. 2D). Posteriormente, os biofilmes foram retirados das placas.

Para o encapsulamento dos minitoletes foi realizado ensaio com delineamento experimental inteiramente casualizado, contendo quatro tratamentos, sendo três métodos de encapsulamento (mergulhado, revestido e mergulhado + revestido) e o controle (Figura 3), cada tratamento conteve 25 repetições/tratamento, sendo 1 minitolete/repetição, totalizando 100 minitoletes. Após o encapsulamento os minitoletes foram plantados em saco plástico contendo substrato e vermiculita, e levados para casa de vegetação.

Figura 3 - Aspectos dos minitoletes após serem encapsulados. Controle (T1- sem fita); Mergulhado (T2- fita Branca); revestido (T3- fita verde) e mergulhado + revestido (T4- fita vermelha).



Fonte: Do autor (2021).

3.3 Características avaliadas

Foram avaliados a porcentagem de brotação, o índice de velocidade de emergência e a massa fresca e seca da parte aérea e raiz. Para a obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE) foram feitas avaliações diariamente a partir do primeiro dia de implantação e encerrada no trigésimo dia. Foram consideradas como brotadas as gemas que emergiram acima do nível do substrato. O IVE foi calculado de acordo com Maguire (1962), onde o IVE é obtido através da soma dos números de plântulas emergidas no dia da contagem dividido pelos números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

Para a obtenção do peso da matéria fresca e seca, as plantas foram pesadas em balanças analíticas de precisão e, posteriormente levadas para a secagem em estufa de circulação de ar forçada a 40°C durante 5 dias, após este período foi determinado o peso da biomassa da matéria seca.

3.4 Análise estatística

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos, as médias foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade pelo programa estatístico SIVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a característica avaliada porcentagem de brotação, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 1). Os tratamentos apresentaram mais de 60% de brotação, o que é considerado satisfatório para o cultivo da cana-de-açúcar, segundo Diola e Santos (2010). Nenhum dos métodos de encapsulamento impediram a troca gasosa, permitindo assim, a respiração dos minitoletes que é necessária para a degradação das reservas nutricionais e o início do processo de brotação. A brotação é uma fase importante, pois uma boa brotação reflete um bom começo, que trará à área cultivada plantas vigorosas, que resultarão, no final do ciclo, em colheita compensadora (SILVA et al., 2004).

Tabela 1. Brotação (%) e índice de velocidade de emergência (IVE) de minitoletes de cana-de-açúcar submetidos ao encapsulamento por diferentes métodos de encapsulamento com biofilme. Lavras, MG

	Brotação (%)	IVE (%)
Controle	88,0a	2,98a
Mergulhado	88,0a	3,12a
Revestido	88,0a	1,98b
Mergulhado + Revestido	76,0a	1,98b
CV%	17,05	7,07

Medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estudo com minitoletes de cana-de-açúcar submetidos ao encapsulamento sobre diferentes concentrações de alginato de sódio apresentaram resultados diferentes do obtido com biofilme. Mostrou-se inviável para produção de mudas de cana-de-açúcar. Os minirrebolos encapsulados com a concentração de 30, 40, e 50 g L⁻¹ de alginato começaram a emergir depois de dezesseis dias e estabilizou a emergência com trinta dias, após o plantio, com 20% de brotação (SILVA, 2017). A cápsula formada pelo alginato de sódio promoveu redução no crescimento inicial das plantas, apresentando efeito de tegumento impedindo a absorção de água pelo minitolete e proporcionando resistência mecânica ao crescimento das raízes e broto (MÜLLER et al., 2017).

Para a porcentagem de índice de velocidade de emergência - IVE, houve diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento mergulhado apresentou maior porcentagem, apresentando 3,12%, não diferindo estatisticamente do tratamento controle 2,98% (Tabela 1). Os tratamentos revestido e mergulhado + revestido apresentaram a mesma porcentagem 1,98%, porém com valores inferiores aos demais tratamentos (Tabela 1). Isso pode ter ocorrido devido

ao biofilme apresentar efeito de tegumento, precisando primeiramente ser degradado, para então dar início ao processo de degradação das reservas nutricionais e da brotação.

Para a massa fresca e seca da parte radicular, não houve diferença significativa. Já em relação a massa fresca e seca da parte aérea, houve diferença significativa entre os tratamentos. Sendo possível observar que, no tratamento em que os minitoles foram revestidos apresentaram-se menor acúmulo de massa (Tabela 2). Esse resultado pode ser advenho das limitações impostas pelo biofilme na brotação e conseqüentemente no crescimento, refletindo assim, em um menor acúmulo de biomassa.

O consumo de reserva do minitolete apresenta duas fases distintas, a primeira está ligada a formação do aparato necessário para o início da utilização das reservas, que ocorre até os 21 dia após o plantio, onde o consumo da reserva é lento. E a segunda fase ocorre a utilização das reservas em ritmos acelerados, entre os 28 e os 42 dias após o plantio (MELO et al., 1995). Este fato está coerente com os resultados obtidos para massa fresca e seca da parte aérea. Pois, o atraso no início da brotação dos minitoletes do tratamento revestido reduziu o tempo da fase de consumo acelerado das reservas, comprometendo o crescimento da planta devido as limitações.

Tabela 2 – Massa fresca da parte aérea – MFPA (g), massa fresca da parte radicular - MFPR (g), massa seca da parte aérea – MSPA (g) e massa seca da parte radicular – MSPR (g) de minitoletes de cana-de-açúcar submetidos ao encapsulamento por diferentes métodos de encapsulamento com biofilme. Lavras, MG

	MFPA (g)	MFPR (g)	MSPA (g)	MSPR (g)
Controle	2,32a	8,48a	0,46a	1,89a
Mergulhado	2,33a	8,09a	0,48a	1,88a
Revestido	1,45b	8,10a	0,23b	1,93a
Mergulhado + Revestido	2,01a	7,72a	0,40a	1,52a
CV%	43,70	23,10	48,44	27,57

Medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pela análise do gráfico de índice de velocidade de emergência, o tratamento controle iniciou a emergência após 4 dias do plantio e estabilizou aos 25 dias. Apresentando um período de 21 dias de diferença entre a primeira planta emergida para a última. Já os minitoletes que foram submetidos ao tratamento mergulhado começaram a emergência também após 4 dias do plantio e estabilizou com 13 dias, carecendo apenas de 9 dias para a emergência de 88% dos minitoletes (Figura 4).

A rápida emergência e a uniformidade da brotação resultam em mudas vigorosas, pois favorece a um estabelecimento do estande adequado, com plantas de mesma idade fenológica,

facilitando o manejo e garantindo um bom rendimento final da cultura, com maior qualidade do produto (MARCOS FILHO, 2015).

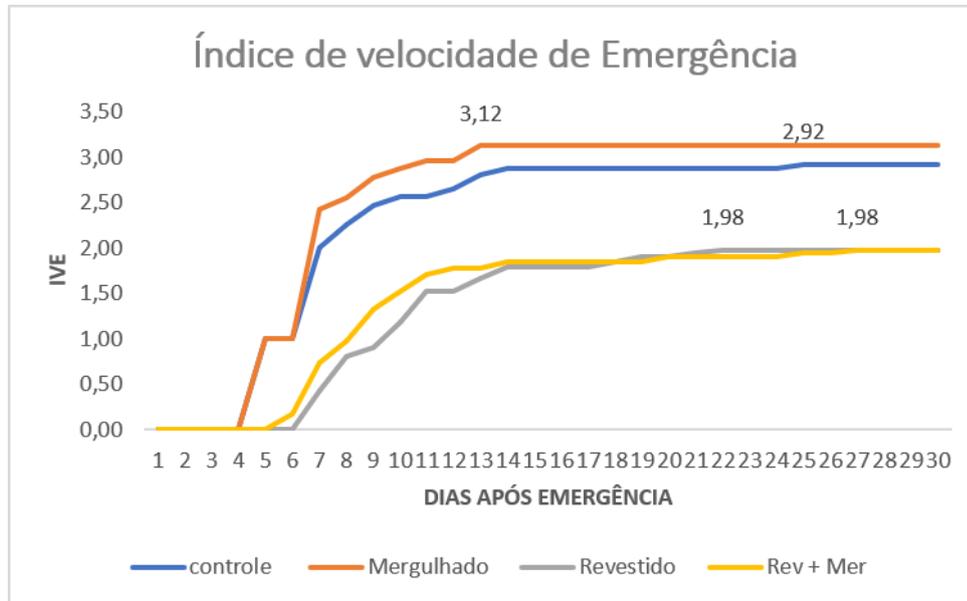


Figura 4 - Porcentagem de índice de velocidade de emergência após o plantio dos minitoletes de cana-de-açúcar submetidos ao encapsulamento por diferentes métodos de encapsulamento com biofilme. Lavras, MG.

Fonte: Do autor (2021).

Para o tratamento revestido, a emergência iniciou-se após 8 dias de plantio, estabilizando aos 22 dias. Apresentando um período de 14 dias de diferença entre a primeira brotação e a última (Figura 3). Para o tratamento mergulhado + revestido, a emergência iniciou-se após 6 dias de plantio, estabilizando aos 27 dias. Apresentando um período de 21 dias de diferença entre a primeira brotação e a última (Figura 4).

O IVE é uma variável importante para a produção de mudas, pois identifica quais os tratamentos interferiram na capacidade do minitolete em dar início ao processo de degradação das reservas nutricionais, dando início a brotação. Além disso, a menor velocidade de brotação pode originar plantas com tamanho reduzido e com menor chance de competição por nutrientes (PANDITA et al., 2014).

5. CONCLUSÃO

O encapsulamento com biofilme de amido não inibiu a brotação dos minitoletes, e o tratamento mergulhado favoreceu uma brotação mais rápida e uniforme.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

- ALKIMIM, A., SPAROVEK, G., CLARKE, K. C. Converting Brazil's pastures to cropland: An alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands. **Applied Geography**, v. 62, p. 75-84, 2015.
- ARAMAKI, P.; LEUNBERGER, J. A.; NASCIMENTO, A. C.; SANTOS, J. G. M. D. Method for growing sugarcane. **Patent Application Publication**. Greensboro, v. 0257640, n. A1, p.19, 2010.
- BASTIOLI, C. **Handbook of Biodegradable Polymers**. 1ª ed. Shawbury: Rapra Technology Limited, 2005.
- BATISTA, F.; CAETANO, M. CTC na dianteira das pesquisas de uma semente para a cultura da cana-de-açúcar. IN: BARROS, Y. Relatório com as principais notícias divulgadas pela mídia relacionadas com a agricultura Área Temática: Agro-bioenergia/Biodiesel Período de Análise: 01/08/2014 a 31/08/2014. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. OPPA-Observatório de políticas públicas para agronomia, 2014.
- BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes a base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, p. 781-788, dez. 2005.
- BRAMBILLA, W. P. **ESTUDO DA FISILOGIA DE GEMAS LATERAIS DE CANADE-AÇÚCAR DURANTE O ARMAZENAMENTO**. 2013. 39 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). UNESP – Campus de Botucatu, 2013.
- CARPIO, L. G. T., SOUZA, F. S. Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second generation ethanol in Brazil: **Scenarios of cost reductions**. **Renewable Energy**, v. 111, p. 771-780, 2017.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Mercado de Trabalho/CEPEA: número de trabalhadores no setor sucro cai, mas qualidade dos empregos cresce. **CEPEA**, Piracicaba, SP, 2018.
- CHABREGAS, S. M. Melhoramento molecular da cana-de-açúcar CTC para eficiência fisiológica. In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A.; ROSSETTO, R.; SORATTO, R.P. Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu: **FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**, 2010. 111 p.
- CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: Conab, 2020.
- CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2019.

CORRADINI, E. et al. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 15, n. 4, p. 268-273, out. 2005.

CRUZ, P. **Syngenta produzirá mudas de cana no país**. 2009.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool; tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 25-49.

FAKHOURI, F. M. et al. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 369-375, abr./jun. 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GRANDO, J. W. Uma patente de 400 milhões de reais. **Revista Exame**, v.44, n.19, p. 128130, 2010.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 231-240, mar. 2008.

JADOSKI, C.; TOPPA, E. V. B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.2, p.169-176, 2010.

JAIN, RADHA et al. Sugarcane bud chips: A promising seed material. **Sugar Tech**, v. 12, n. 1, p. 67-69, 2010.

KOSTER, G. R. **Produtores desembolsaram quase R\$ 7,3 mil por hectare para renovar o canavial em 2017/18**. Nova Cana, 25 jan 2019, <https://www.novacana.com/n/cana/plantio/produtores-desembolsaram-r-7-3-mil-hectare-renovar-canavial-2017-18-190418>. Acessado em 08 de março de 2021.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Instituto Agrônomo. Campinas, 2013. 16 p.

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.

- MAGRO, F. J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P. E.; TAKAMATSU, S.Y.. Biometria em canade-açúcar. Universidade de São Paulo escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. lpv0684- **produção de cana-de-açúcar**, Piracicaba, 2011.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science, Madison**, v. 2, n. 1, jan./feb. 1962. 176-177p.
- MAHMOUD, R.; SAVELLO, P. A. Mechanical Properties of and Water Vapor Transferability Through Whey Protein Films. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 04, p. 942-946, abri. 1992.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- MARTINHO, L. et al. Plene, an innovative approach for sugarcane planting in Brazil. In: **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**. 2010.
- MELLO, G.A; ALVES, J.D; OLIVEIRA, L.E.M. Propagação da cana-de-açúcar – alterações dos componentes de reservas do tolete durante a brotação. STAB – Açúcar Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 10 - 15, 1995.
- MONTEIRO, S. Reação lenta. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 65, n.11, p. 30-31, 2011.
- MÜLLER, E. M., GIBBERT, P., BINOTTO, T., KAISER, D. K., BORTOLINI, M. F. Maturação e dormência em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. de diferentes árvores matrizes. Iheringia. **Série Botânica**, v. 71, n. 3, p. 222-229, 2017.
- PANDITA, V. K., PATIL, P., TOMAR, B. S., SETH, R. Controlled deterioration and paper-piercing tests predict seedling emergence potential in okra seed lots. **Scientia Horticulturae**, v. 179, p. 21-24, 2014.
- PARK, H. J. et al. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **Journal of Food Science** , v. 58, n. 06, p. 1361-1364, 1993.
- SERAFIM, L.G.F. STOLF, R.; SILVA, J. R.; SILVA, L. C. F.; MANIERO, M. A. **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. p. 1- 4.
- SILVA, C. J. **Tecnologias para produção de mudas de cana-de-açúcar**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2017. p. 45-47.

SILVA, M. A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. **Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar**. Revista Ceres, Viçosa, v.51, p. 457-466, 2004.

SINDHU, R., GNANSOUNOU, E., BINOD, P., PANDEY, A. Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products–An overview. Renewable Energy, v. 98, p. 203-215, 2016.

VÁZQUEZ-MOLINA, D.E.; SANTOS, A.L.; GUZMÁN, K.A.L.; MUÑIZ, O.S.; MÉNDEZ, M.V.; ROSALES, R.R.; LLAVEN, M.A.O.; DENDOOVEN, L.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; 2005. **Sugar cane buds as an efficient explant for plantlet regeneration**. Biologia Plantarum, Prague, v. 49, p. 481-485, 2005.

VEIGA-SANTOS, P. et al. Microstructure and color of starch–gum films: Effect of gumde acetylation and additives. Part 2. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 06, p. 1064-1073, nov. 2005.

VU, J. C. V., ALLEN, L. H., GESCH, R. W. Up-regulation of photosynthesis and sucrose metabolism enzymes in young expanding leaves of sugarcane under elevated growth CO₂. Plant Science, v. 171, n. 1, p. 123-131, 2006.

XAVIER, M. A. et al. Produtividade de gemas de cana-de-açúcar para fins de abastecimento de núcleos de produção de mudas pré-brotadas-MPB, **STAB**, Vol. 33, STAB, Piracicaba, SP, Brazil, 2016.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; MENDONÇA, J. R. Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar mudas pré-brotadas (MPB). **Instituto Agrônomo**. Campinas, 2014. 22 p.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. **Food Research Internacional**, Canada, v. 33, n. 7, p. 563-570, 2000.