

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 01/03/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DO PLANTIO, TRANSPLANTIO E COLHEITA
MECANIZADOS DE REBOLOS E MUDAS PRÉ-BROTADAS
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**Lucas Augusto da Silva Gírio
Engenheiro Agrônomo**

2018

**T
E
S
E**

/

**G
Í
R
I
O**

**L.
A.
S.**

**2
0
1
8**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DO PLANTIO, TRANSPLANTIO E COLHEITA
MECANIZADOS DE REBOLOS E MUDAS PRÉ-BROTADAS
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Lucas Augusto da Silva Gírio

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Prof. Dr. George Vellidis

Prof. Dr. Wesley Porter

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2018

G525q Gírio, Lucas Augusto da Silva
Qualidade do plantio, transplântio e colheita mecanizados de rebolos e mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar/ Lucas Augusto da Silva Gírio. -- Jaboticabal, 2018
vii, 86 p.: il.; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Carlos Eduardo Angeli Furlani, George Vellidis, Wesley Porter

Banca examinadora: Afonso Lopes, Cristiano Zerbato, Murilo Aparecido Voltarelli, Tiago Rodrigo Francetto

Bibliografia

1. *Saccharum* spp. 2. Abalo às soqueiras. 3. Danos às soqueiras. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

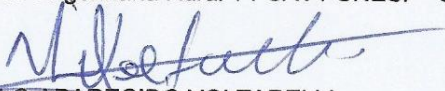
TÍTULO DA TESE: QUALIDADE DO PLANTIO, TRANSPLANTIO E COLHEITA MECANIZADOS DE REBOLOS E MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: LUCAS AUGUSTO DA SILVA GIRIO
ORIENTADOR: ROUVERSON PEREIRA DA SILVA
COORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI
COORIENTADOR: GEORGE VELLIDIS
COORIENTADOR: WESLEY M. PORTER

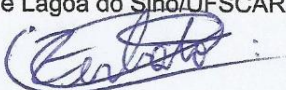
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROUVERSON PEREIRA DA SILVA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. MURILO APARECIDO VOLTARELLI
Câmpus de Lagoa do Sino/UFSCAR / Buri/SP



Prof. Dr. CRISTIANO ZERBATO
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. TIAGO ROBRIGO FRANCETTO
Departamento de Engenharia Agrícola/UFSM / Santa Maria/RS



Prof. Dr. AFONSO LOPES
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 24 de agosto de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUCAS AUGUSTO DA SILVA GÍRIO – Nascido em 08 de janeiro de 1987, na cidade de Jaboticabal – SP, formado Engenheiro Agrônomo em 2011 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), câmpus Araras – SP. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica por dois anos, parte financiado pelo Programa Recém-Doutor/UFSCar e parte pelo PIBIC/CNPq, atuando na área de restauração de áreas degradadas. Realizou estágio com uso eficiente de recursos hídricos em ambiente protegido pela UFSCar e, na APTA Polo Centro Sul, realizou estágio com uso da palhada para geração de etanol de segunda geração, sendo bolsista de iniciação tecnológica industrial/ITI pela Petrobrás/Embrapa. Em 2011 foi bolsista de aperfeiçoamento da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG) pela APTA Polo Centro Sul, atuando com fitotecnia, nutrição e adubação de cana-de-açúcar até o ano de 2012 quando iniciou o mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Câmpus de Jaboticabal – SP. Em março de 2015 iniciou o doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) também pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, sendo bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Foi integrante do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) período no qual desenvolveu e acompanhou pesquisas relacionadas controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas e agricultura de precisão. Em 2017 realizou período de doutorado sanduíche na *University of Georgia*, sob supervisão do Prof. Dr. George Vellidis, auxiliando em pesquisas relacionadas a agricultura de precisão.

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar em uma coisa diferente” (Roger Von Oech).

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

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, meus irmãos Diego e Mariana e aos amigos que participaram desta etapa. A vocês dedico com todo carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir o cumprimento de mais uma etapa na minha vida.

Aos meus pais por todo suporte e apoio sempre que necessário.

Aos meus irmãos, que sempre me apoiaram e incentivaram para realização desta conquista.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela amizade, oportunidade, paciência, sabedoria, ensinamentos e por ser sempre um porto seguro nos momentos de dificuldade.

Ao meu coorientador da Universidade Estadual Paulista, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani pela amizade, ensinamentos e oportunidade.

Aos meus coorientadores da *University of Georgia*, Prof. Dr. George Vellidis e Prof. Dr. Wesley Porter, pela acolhida durante meu período em Tifton, ensinamentos e oportunidade.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Dr. Afonso Lopes, Prof. Dr. Cristiano Zerbato, Prof. Dr. Murilo Aparecido Voltarelli e Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto pelas contribuições e por compartilharem o conhecimento para enriquecer o trabalho.

À Patricia Candida de Menezes, por toda ajuda, apoio e carinho que foram essenciais para realização desse trabalho.

Às amigas Franciele Carneiro, Ana Júlia e Maria Fernanda, por toda amizade, ajuda e por todos os bons momentos.

Aos amigos com quem tive oportunidade de aprender, compartilhar experiências e alegrias do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), Antônio

Tassio, Tiago Tavares, Aline Alcântara, Renata Queiroz, Mailson de Oliveira, Francisca Nivanda de Estevam, Maria Albertina, Francisca Edcarla Nicolau, Rafael de Graaf, Luan de Oliveira, Leonardo Bernache, Elizabeth Kazama, Matheus Borba, Carla Paixão, Leane de Souza, Rafael Bertonha, Lígia Negri, Adão dos Santos, Felipe Santinato, Rafael Noronha, André Damasceno, Danilo Tedesco e Marcelo Cassia.

Aos amigos de Tifton, com quem pude adquirir novos conhecimentos e ter bons momentos, Lorena, Chiara, Dimitris, Anna, David, Emily, Kade, Tyler, Ben, Mason, Maricel e Vasilis.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural Valdecir Aparício e Sebastião Francisco da Silva Filho pela amizade e pelos ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Meu muito obrigado a todos por contribuírem com o presente momento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS	2
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
Cultivo da Cana-de-açúcar no Brasil e Novos Sistemas de Plantio.....	3
Importância econômica e o aumento da mecanização na cana-de-açúcar	4
Qualidade do corte de base da cana-de-açúcar.....	7
Controle Estatístico de Qualidade.....	9
REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO 2 – Monitoramento do estabelecimento de canaviais formados a partir de mudas pré-brotas e rebolos	14
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 3 - Qualidade do processo de colheita multilinhas de canaviais oriundos de mudas pré-brotadas e rebolos	29
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAIS E MÉTODOS	32
Análise de Variabilidade dos Colmos.....	34
Indicadores de Qualidade	35
Altura de corte	35
Índice de danos e índice de abalos.....	36
Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP) e Umidade Gravimétrica do Solo.....	38
Análise estatística.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40

CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO 4 – Subjetividade do método de avaliação de danos e abalos às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar	53
INTRODUÇÃO.....	53
MATERIAL E MÉTODOS	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO 5 – Proposta de metodologia padrão para avaliação de abalos às soqueiras de cana-de-açúcar	67
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS	68
Procedimentos das avaliações em campo.....	69
Metodologia de adaptada de Toledo (2012) por Cassia e Silva (2015) para determinação do índice de abalos às soqueiras.....	70
Metodologia precisa para avaliação de abalos às soqueiras.....	72
Cálculo da área de projeção da movimentação do colmo (APMC).....	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS	84
CAPÍTULO 6 – Considerações finais	86

QUALIDADE DO PLANTIO, TRANSPLANTIO E COLHEITA MECANIZADOS DE REBOLOS E MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO – Com as mudanças que o setor sucroenergético tem passado, são necessárias novas técnicas e aumento da eficiência nas operações agrícolas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi: (i) Utilizar ferramentas de qualidade para monitorar o comportamento de canaviais formados a partir de mudas pré-brotadas e de rebolos; (ii) Verificar a qualidade operacional da colheita mecanizada de cana-de-açúcar em canaviais formados a partir de mudas pré-brotadas e de rebolos (iii) Avaliar a possível subjetividade que a metodologia existente de abalos às soqueiras possui e bem como sugerir recomendações e melhorias; (iv) Propor uma metodologia precisa para avaliar os abalos às soqueiras de cana-a-de-açúcar, para o acompanhamento da qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Foram realizados quatro experimentos em áreas agrícolas localizadas nas proximidades dos municípios de Guariba, Nova Europa e Jaboticabal, todas localizadas no Estado de São Paulo. O controle estatístico de processo se mostrou uma ferramenta interessante para monitorar o comportamento dos canaviais e das operações agrícolas envolvidas. A necessidade do aumento da qualidade das operações faz com que surja a demanda por maneiras mais eficientes para se determinar a qualidade. A classificação mais precisa dos canaviais quanto ao porte e o sentido de tombamento dos canaviais é interessante para prever a influência da classificação sobre a qualidade da colheita. A avaliação de abalos deve ser feita com cautela devido a subjetividade da classificação das condições dos colmos, sugerindo-se um treinamento intensivo antes de aplica-la. A metodologia precisa para avaliação de abalos apresentou potencial para desenvolvimento de trabalhos futuros com a finalidade de formar um banco de dados robusto para refinar os intervalos de classificação de abalos. Uma vez formado o banco de dados e com a metodologia refinada, espera-se desenvolver trabalhos futuros para desenvolvimento de novas tecnologias ou um equipamento que agilize as avaliações e forneça resultados mais precisos.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., abalo às soqueiras, danos às soqueiras

PLANTING, TRANSPLANTING AND MECHANIZED HARVESTING QUALITY OF BILLETS AND PRE-SPROUTED SEEDLINGS OF SUGARCANE

ABSTRACT – Sugarcane sector has changed and new techniques and efficiency in agricultural operations are needed. In this sense, the objective of the present work was: (i) To use quality tools to monitor the behavior of sugarcane plantations from pre-sprouted seedlings and billets; (ii) Verify the operational quality of mechanized harvesting in sugarcane fields from pre-sprouted seedlings and billets (iii) Evaluate the possible subjectivity that the existing method of evaluating ratoon disturbance and suggest recommendations and improvements; (iv) Propose a precise methodology to evaluate the disturbance of sugarcane, to monitoring the quality of the mechanized harvesting of sugarcane. Four experiments were developed in agricultural areas located near the municipalities of Guariba, Nova Europa and Jaboticabal, all located in the State of São Paulo. Statistical process control proved to be an interesting tool to monitor the behavior of sugarcane plantations and the agricultural operations involved. The need to increase the quality of operations causes demand to arise for more efficient ways to determine quality. The more precise classification of sugarcane plantations on the size and the direction of tipping of sugarcane is interesting to predict the influence of classification on the quality of the harvest. The evaluation of disturbance needed to be evaluated carefully due to the subjectivity of the classification of the conditions of the stalks, suggesting an intensive training before applying it. The precise methodology for ratoon disturbance evaluation presented potential for the development of future work with the purpose of forming a robust database to refine the intervals of classification of concussions. Once the database is formed and with the refined methodology, it is expected to develop future work to develop new technologies or equipment that will speed up the evaluations and provide more accurate results.

Keywords: *Saccharum* spp., ratoon disturbance, ratoon damage

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

INTRODUÇÃO

Esta tese é constituída por seis capítulos com temas relacionados ao monitoramento, tanto das mudanças que os novos sistemas de plantio têm proporcionado na formação de canaviais originados do sistema de mudas pré-brotadas (MPB), quanto a influência que esse sistema tem sobre a qualidade da colheita mecanizada.

O objeto de estudo da tese tem grande relevância, pois o setor sucroenergético tem passado por grandes transformações em um período curto, que apesar de trazer elevados ganhos operacionais, tem afetado diretamente tanto na longevidade e vigor dos canaviais, quanto na qualidade do material colhido.

Informações sobre comportamento dos canaviais em novos sistemas de plantio e como isso pode afetar as operações de colheita são de grande valia quando se busca atingir alta qualidade operacional.

Aliado a isso, é preciso que sejam gerados dados cada vez mais confiáveis e que sejam feitas melhorias direcionadas a fim de diminuir custo e aumentar a eficiência do processo e, para isso os métodos para coletar as informações necessitam ser cada vez mais acurados e confiáveis.

Assim, esta tese parte do pressuposto que seja possível monitorar o plantio e a colheita para garantir melhor desempenho da cultura.

Foi abordado no primeiro capítulo um referencial teórico sobre a importância da cana-de-açúcar, as transformações que o setor sucroenergético tem sofrido e importância da colheita mecanizada e do corte com qualidade.

No segundo capítulo, foi abordado o potencial de uso das cartas de controle como ferramenta de qualidade no monitoramento do comportamento de canaviais formados a partir de mudas pré-brotadas e rebolos.

No terceiro capítulo, foi estudada a qualidade operacional da colheita mecanizada de cana-de-açúcar nos sistemas de mudas pré-brotadas e de rebolos colhidas por uma colhedora multilinhas.

O quarto capítulo foi estudado a variabilidade e suas implicações no que diz respeito as avaliações relacionadas ao acompanhamento da qualidade do corte na colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

No quinto capítulo foi proposta e validada, preliminarmente, uma metodologia padrão para avaliação de abalos às soqueiras na cultura da cana-de-açúcar com a finalidade de reduzir a subjetividade do método atual para avaliar abalos.

Por fim, no sexto capítulo foram realizadas consideração finais abordando os resultados mais relevantes dentre todos os capítulos e quais perspectivas para futuros trabalhos relacionados ao tema.

OBJETIVOS

1. Utilizar ferramentas de qualidade para monitorar o comportamento de canaviais formados a partir de mudas pré-brotadas e de rebolos.
2. Verificar a qualidade operacional da colheita mecanizada de cana-de-açúcar em canaviais formados a partir de mudas pré-brotadas e de rebolos.
3. Avaliar a possível subjetividade que a metodologia existente de avaliação de abalos às soqueiras possui e bem como sugerir recomendações e melhorias.
4. Propor uma metodologia precisa para avaliar os abalos às soqueiras de cana-de-açúcar, para o acompanhamento da qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar

CONCLUSÕES

A metodologia proposta apresentou grande potencial para padronizar a avaliação de abalos às soqueiras.

As informações geradas a partir da metodologia padrão permitem que sejam feitas comparações entre avaliações sem a influência do avaliador.

REFERÊNCIAS

AGENCIA ESTADO (2015) CTC: mecanização deve alcançar 97% dos canaviais no Centro-Sul em 2015. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cana/safra/ctc-mecanizacao-97-canaviais-210515/>> Acesso em: 30 jul. 2018.

Gomes C (2014) IAC desenvolve sistema inédito que muda o conceito de plantar. **IAC Notícias**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?id=836>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

Cassia MT, Silva RP (2015) Avaliação da colheita mecanizada: avaliação da qualidade do corte basal. In: Belardo GC, Cassia MT, Silva RP (Eds.) **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, p. 363-366.

Dodson MS (1998) **Avaliação da influência de indicadores de qualidade no custo operacional de um sistema de produção de milho Zea mays (L.): estudo de caso de semeadura**. 80 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Kroes S (1997) **The cutting of sugarcane**. 356 f. Tese (Doutorado) - University of Queensland, Toowoomba.

Mello RC (2005) Influência do formato e velocidade da lâmina nas forças de corte para cana-de-açúcar. **Acta Scientiarum Agronomy** 27: 661-665.

Mello RC, Harris H (2003) Desempenho de cortadores de base para colhedoras de cana-de-açúcar com lâminas serrilhadas e inclinadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 7: 355-358.

Pereira LL, Torrezan HF (2006) Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. In: Segato SV, Pinto AS, Jendiroba E, Nóbrega, JCM (Eds.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, p.333-346.

Salvi JV, Matos MA, Milan M (2007) Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** 27: 201-209.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Oliveira JB, Coelho MR, Lumbreras JF, Cunha Tjf. (Eds.) (2014) Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos 376p.

Silva RP, Corrêa CF, Cortez JW, Furlani CEA (2008) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** 28: 292-304.

Voltarelli, MA, Silva RP, Cassia MT, Daloia JGM, Paixão CSS (2017) Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar efetuado por facas de diferentes angulações e revestimentos. **Revista Ciência Agronômica** 48: 438-447.

Voltarelli MA, Silva RP, Cassia MT, Ortiz DF, Torres LS (2015) Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar utilizando-se de três modelos de facas. **Engenharia Agrícola**, 35: 528-541.

Xie FX, OU YG, LIU QT (2011) Experiment combined-lifter device of sugarcane harvester. **Journal of Agricultural Machinery** 2: 94-98.

Silva RP, Corrêa, CF, Cortez JW, Furlani CEA (2008) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** 28: 292-304.

Toledo A, Silva RP, Furlani, CEA (2013) Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agricola** 70: 384-389.

CAPÍTULO 6 – Considerações finais

Com as mudanças que o setor sucroenergético tem passado, são necessárias novas técnicas e aumento da eficiência nas operações agrícolas.

O controle estatístico de processo se mostrou uma ferramenta interessante para monitorar o comportamento dos canaviais e das operações agrícolas envolvidas.

A necessidade do aumento da qualidade das operações faz com que surja a demanda por maneiras mais eficientes para se determinar a qualidade.

A classificação mais precisa dos canaviais quanto ao porte e o sentido de tombamento dos canaviais é interessante para prever a influencia da classificação sobre a qualidade da colheita.

A avaliação de abalos ser feita com cautela devido a subjetividade da classificação das condições dos colmos, sugerindo-se um treinamento intensivo antes de aplica-la.

A metodologia precisa para avaliação de abalos apresentou potencial para desenvolvimento de trabalhos futuros com a finalidade de formar um banco de dados robusto para refinar os intervalos de classificação de abalos.

Uma vez formado o banco de dados e com a metodologia refinada, espera-se desenvolver trabalhos futuros para desenvolvimento de novas tecnologias ou um equipamento que agilize as avaliações e forneça resultados mais precisos.