

**CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM DAS PERDAS  
DECORRENTES DA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**LABOR COSTS AND SAMPLING LOSSES FROM MECHANIZED HARVESTING  
OF SUGARCANE**

Carlos Roberto Souza Carmo<sup>1</sup>

Fernando de Lima Caneppele<sup>2</sup>

Michel dos Santos Moura<sup>3</sup>

**RESUMO**

Esta pesquisa teve por objetivo estimar e analisar o custo com a mão de obra demandada no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita mecanizada, e ainda, propor uma forma alternativa de amostragem capaz de viabilizar o monitoramento da ocorrência dessas perdas, porém, a um custo efetivamente menor. Para tanto, foi realizado um levantamento de dados junto Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, cuja análise utilizou métodos quantitativos baseados em geração e simulação com números aleatórios, testes comparativos de médias (teste t de Student) e de medianas (teste de Wilcoxon). Entre outros resultados, foi proposta uma metodologia de amostragem alternativa àquela utilizada atualmente, o que permitiu estimar uma economia total de R\$ 73.496.755,46 para o setor sucroenergético brasileiro como um todo, sem que ocorram quedas de qualidade estatisticamente relevantes para o processo de monitoramento da ocorrência das perdas de visíveis de matéria-prima no campo.

**Palavras-chave:** custos; agronegócios; métodos quantitativos aplicados.

**ABSTRACT**

This research aimed to estimate and analyze the cost of labor demanded in the sampling process of losses resulting from mechanized harvesting and to propose an alternative form of sampling capable of monitoring the occurrence of these losses, however, at a effectively lower cost. Therefore, a data survey was carried out with the Brazilian Institute of Geography and Statistics, whose analysis used quantitative methods based on generation and simulation with random numbers, comparative tests of means (Student's t test) and medians (Wilcoxon test).

---

<sup>1</sup> Doutor em Agronomia pela UNESP (campus Botucatu). Mestre em Ciências Contábeis pela PUC-SP. Professor da Faculdade de Ciências Contábeis da Univ. Federal de Uberlândia (FACIC-UFU). [carlosjj2004@hotmail.com](mailto:carlosjj2004@hotmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-3806-9228>.

<sup>2</sup> Pós-doutorado em Agronegócio e Desenvolv. pela Fac. de Ciências e Engenharia da UNESP. Professor do Departamento de Engenharia de Biosistemas, USP (campus de Pirassununga). [caneppele@usp.br](mailto:caneppele@usp.br). <https://orcid.org/0000-0003-4498-8682>.

<sup>3</sup> Mestre em Agronomia pela UNESP (campus Botucatu). Doutorando vinculado ao NEMPA - UNESP (campus Botucatu). [michelsmoura@gmail.com](mailto:michelsmoura@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-5325-6048>.  
GETEC, v. 12, n. 41, p. 01-19, agosto/dezembro, 2023

Among other results, an alternative sampling methodology was proposed to that currently used, which allowed a total savings of R\$ 73,496,755.46 to be estimated for the Brazilian sugar-energy sector as a whole, without any statistically relevant quality drops to the process. for monitoring the occurrence of visible raw material losses in the field.

**Keywords:** costs; agribusiness, quantitative methods applied.

## 1 Introdução

Após a extinção da queimada da cana-de-açúcar, a introdução da mecanização para a colheita pode ser vista como um dos grandes avanços tecnológicos do setor sucroenergético brasileiro. Contudo, esse avanço também trouxe consigo alguns entraves e a necessidade de se implementar o correto manejo das máquinas utilizadas durante o processo de colheita.

Sem o manejo adequado das colhedoras de cana-de-açúcar, as perdas de matéria-prima no campo podem assumir dimensões extremamente expressivas e conduzir a significativos prejuízos para o setor produtivo.

Diante disso, o monitoramento das perdas decorrentes da colheita mecanizada torna-se imprescindível, pois, se não forem diagnosticadas e controladas, tais perdas podem variar entre 10 e 15 toneladas por hectare (BENEDINI; SILVA, 2010). Uma perda média por hectare na ordem de 10% da matéria-prima colhida no campo pode levar a prejuízos de até US\$ 450 milhões por ano (SEGATO; DAHER, 2011),

Por outro lado, os custos envolvidos no processo de amostragem e identificação das perdas ocorridas no campo em decorrência do processo de colheita mecanizada também podem chegar a montantes consideravelmente expressivos.

Por isso, a gestão dos recursos demandados para amostragem e identificação das perdas de matéria-prima ocorridas no campo também merecem a atenção dos tomadores de decisões, quer seja para seu correto dimensionamento e direcionamento, quer seja pelos respectivos montantes envolvidos.

Tanto pela relevância de processo em si (amostragem das perdas) quanto pela expressividade dos montantes envolvidos (remunerações, encargos sociais e trabalhistas), os gastos com mão de obra merecem especial atenção por parte dos tomadores de decisão em qualquer tipo de segmento econômico, em especial no segmento agrícola produtor da cana-de-açúcar.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo estimar e analisar o custo com a mão de obra demandada no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita

mecanizada e propor uma forma alternativa de amostragem capaz de viabilizar o monitoramento da ocorrência dessas perdas, porém, a um custo efetivamente menor.

Nesse sentido, inicialmente, foi constituída a plataforma teórica sobre a qual esta investigação científica foi conduzida, o que resultou na seção 2 deste artigo. O referencial teórico em questão abordou a temática relacionada à metodologia utilizada para identificação das perdas visíveis na colheita mecanizada da cana-de-açúcar, suas classificações e parâmetros, bem como, o respectivo processo de amostragem. Também foram levantados e analisados alguns dos resultados de ensaios voltados para a detecção das possíveis causas e percentuais relacionados às perdas de matéria-prima na colheita mecanizada da cana.

Com base na respectiva plataforma teórica, procedeu-se à identificação da metodologia necessária para se atingir o objetivo proposto para este estudo, conforme relatado na seção 3 deste trabalho. Essa seção destinou-se à descrição de todo o proceder metodológico aplicado ao levantamento dos dados e aos respectivos métodos e recursos utilizados no processo de análise.

A seção 4 deste artigo destinou-se à apresentação e análise dos dados e resultados da pesquisa, com especial atenção para as informações referentes às estimativas do custo com mão de obra gasta no processo de amostragem das perdas, à descrição dos dados referentes ao processo de amostragem recomendado pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009), sua aplicação na área colhida pelas unidades agrícolas produtoras de cana-de-açúcar no Brasil, e ainda, abordou e detalhou todos os procedimentos analítico-estatísticos implementados ao longo do processo de pesquisa, bem como, apresentou as estimativas de possíveis benefícios oriundos da economia dos gastos com mão de obra.

Finalmente, na seção 5, foram apresentadas as considerações finais acerca de todo o processo de pesquisa, suas limitações e sugestões para a sua continuidade.

Classificada como uma investigação científica de natureza empírico-analítica baseada em métodos quantitativos aplicados, a realização deste estudo se justifica pela relevância econômica do setor sucroenergético para o agronegócio brasileiro, pela relevância dos gastos com a mão de obra utilizada no processo de amostragem das perdas de matéria-prima decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, além da necessidade de se identificar tais perdas de forma mais objetiva e precisa possível, para que sejam tomadas devidas medidas corretivas. Adicionalmente, cabe destacar que praticamente inexistem trabalhos publicados sobre a temática em questão, uma vez que a maioria dos estudos relatados se

restringe à quantificação das perdas sem que se aborde os respectivos custos, denotando assim a existência de uma possível lacuna de conhecimento a ser preenchida.

## 2 Referencial Teórico

Questões legais, ambientais, operacionais e tecnológicas levaram os empreendedores agrícolas relacionados à cultura da cana-de-açúcar a se adaptarem e, dentre essas adaptações, surgiu a implementação da colheita mecanizada (LIONÇO; BRESSAN; SILVA, 2010).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar envolve uma série de particularidades oriundas das interações entre o solo, a máquina e a planta, que podem levar a perdas relacionadas à qualidade da matéria-prima da indústria sucroenergética, à perda de cana-de-açúcar no campo e a afetar a longevidade da cultura (NORONHA *et al.*, 2011).

As perdas no campo geradas pelo processo de colheita mecanizada podem ser classificadas em perdas visíveis e invisíveis. As perdas visíveis são aquelas passíveis de identificação no campo e são caracterizadas por pedaços de cana, toletes, lascas, tocos, ponteiros e até cana inteira (BENEDINI; SILVA, 2010; NORONHA *et al.*, 2011). As perdas invisíveis estão relacionadas ao caldo, à serragem e estilhaços de pequeno tamanho que surgem do processamento interno da cana-de-açúcar na colhedora devido à impactos mecânicos gerados pelos sistemas de corte, picagem, transporte e/ou limpeza (BENEDINI; SILVA, 2010; NORONHA *et al.*, 2011).

Especificamente em relação às perdas visíveis, normalmente, o seu processo de identificação no campo se dá por meio da coleta manual e classificação segundo a metodologia proposta pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que vem quantificando e estudando esse tipo de perda de forma a minimizá-lo (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

A identificação e quantificação das perdas visíveis permitem a correção das falhas de operação da colhedora, com especial atenção à redução da velocidade da colheita (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

Segundo a metodologia proposta pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009), após a passagem da colhedora, em uma área amostral de 10m<sup>2</sup> abrangendo duas linhas de cana (sugere-se: 3,3m x 3,0m = 2 linhas de 1,5m), deve-se coletar as sobras de cana-de-açúcar e demais componentes presentes na área, separá-los e pesá-los segundo os parâmetros descritos pelo Quadro 1.

**Quadro 1** – Elementos identificados como perdas visíveis na colheita mecanizada da cana-de-açúcar

|              |   |
|--------------|---|
| Tocos        | Pedaço de colmo preso à soqueira, acima do solo e menor que 20cm. Acima desse tamanho é considerado pedaço.                                 |
| Cana Inteira | Pedaço de cana igual ou maior que 2/3 do tamanho normal da cana do canavial avaliado, podendo ou não estar presa às raízes.                 |
| Cana Ponta   | Pedaço de cana agregada ao ponteiro. A retirada de cana ponta é feita quebrando-se manualmente o colmo no ponto de menor resistência.       |
| Toletes      | Pedaço de cana esmagado ou não com corte característico do facão picador ou corte de base em ambas as extremidades.                         |
| Lascas       | São fragmentos de cana totalmente dilacerados.  |
| Pedaços      | Variações de cana que não se encaixam nas definições anteriores; sem as características de toco, canas inteira, tolete, lasca e cana ponta. |

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir de Benedini, Brod e Peticarrari (2009, p.3-5)

Após a separação e pesagem, as perdas no campo devem ser calculadas em toneladas por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ) multiplicando-se o peso encontrado na área amostral de  $10\ m^2$  por 1.000 (mil), e, em seguida, deve-se encontrar o valor relativo das perdas na forma percentual, conforme descrição apresentada pela Equação 1 (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

$$\text{Perdas (\%)} = \frac{\text{Perdas no campo (t/ha)}}{\text{Produtividade do canavial (t/ha)} + \text{Perdas no campo (t/ha)}} \quad (1)$$

Após a identificação dos índices percentuais de perdas totais, deve-se proceder a sua identificação de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009), conforme descrito no Quadro 2.

**Quadro 2** – Classificação das perdas visíveis decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar

| Percentual de perda total (%) | Classificação (níveis) |
|-------------------------------|------------------------|
| < 2,5                         | Baixo                  |
| 2,5 < 4,5                     | Médio                  |
| >4,5                          | Alto                   |

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir de Benedini, Brod e Peticarrari (2009, p.6)

Deve-se calcular também a participação relativa das perdas classificadas segundo o Quadro 1 nas perdas totais, de forma a permitir a identificação das perdas de acordo com as partes da colhedora em que foram originadas (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

Diante da representatividade das perdas visíveis no campo em decorrência da utilização do maquinário necessário à mecanização do processo de colheita da cana-de-açúcar, foram desenvolvidos vários estudos sobre essa temática, em que a principal variável analisada está relacionada à velocidade da colhedora no campo, entre outras possíveis causas.

Nesse sentido, Noronha *et al.* (2011) realizaram um estudo sobre controle estatístico do processo aplicado à colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar cujo objetivo foi detectar o controle efetivo da variabilidade das perdas e danos à soqueira, bem como identificar sua adequação a padrões considerados aceitáveis. Para tanto, foram amostrados 40 pontos em dois períodos distintos de colheita (diurno e noturno) para determinação das perdas visíveis na colheita mecanizada da cana-de-açúcar, utilizando-se áreas amostrais de 10 m<sup>2</sup>. Entre outros resultados, Noronha *et al.* (2011) não observaram diferenças significativas quanto aos danos na soqueira, contudo, as perdas totais foram mais elevadas colheita noturna, comparativamente à colheita diurna.

Com o objetivo de quantificar perdas visíveis na colheita mecanizada realizada nas variedades comerciais RB 867515 e RB 92579, Silva *et al.* (2015) demarcaram duas áreas de 6,0 m de largura e 4,0 m comprimento e buscaram quantificar as perdas visíveis após a colheita mediante o deslocamento em duas velocidades de uma colhedora John Deere modelo 3520. Entre outros resultados, Silva *et al.* (2015) observaram que tanto velocidade quanto características varietais influenciaram as perdas visíveis, sendo que, a variedade RB 867515 apresentou perdas visíveis acima dos padrões considerados perdas aceitáveis.

A fim de avaliar o desempenho de uma colhedora de cana-de-açúcar em dois turnos de trabalho diferentes (diurno e noturno) de oito horas cada, Giachini *et al.* (2016) empregaram a metodologia de classificação das perdas visíveis proposta pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009) para avaliação de perdas na colheita mecanizada, e ainda, avaliaram o consumo de combustível de uma colhedora Case IH A7700. Entre outros resultados, Giachini *et al.* (2016) observaram que houve diferença estatisticamente significativa no desempenho de cada turno, com perdas visíveis de matéria-prima maiores no segundo turno (noturno).

Utilizando a metodologia de avaliação de perdas visíveis na colheita mecanizada recomendada pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009), porém, aplicada seis tratamentos com diferentes velocidades de deslocamento (3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 e 8,0 km h<sup>-1</sup>), em uma área de 9 m<sup>2</sup> cada, Santos *et al.* (2019) realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar a influência da velocidade da colhedora nas perdas incorridas na colheita da cana-de-açúcar. Além de avaliar informações detalhadas referentes à perdas envolvendo toletes, tocos, estilhaços, pedaços e cana inteira, Santos *et al.* (2019) identificaram que a elevação da velocidade de trabalho tem influência significativa sobre o aumento das perdas visíveis totais na colheita da cana.

Pelloso *et al.* (2019) realizaram uma investigação científica a fim de avaliar perdas (visíveis e invisíveis) decorrentes da colheita mecanizada mediante o uso de uma colhedora John Deere 3520 com diferentes combinações de velocidade de deslocamento e de rotação do extrator primário. A partir da análise de variância e valores médios, foram observadas respostas significativas para todas as combinações avaliadas por Pellosso *et al.* (2019) e, entre outras evidências, foi constatado que as perdas visíveis da cana-de-açúcar tendem a aumentar diante de níveis mais elevados de rotação do extrator combinados a reduções da velocidade de locomoção da colhedora.

Além da possibilidade de utilização de diferentes tipos e modelos de colhedora e das possibilidades relacionadas às suas diferentes velocidades de deslocamento, destacam-se as características próprias de cada variedade de cana-de-açúcar como possíveis determinantes dos níveis percentuais de perdas visíveis totais decorrentes da colheita mecanizada, entre outras variáveis, conforme pode ser observado no Quadro 3.

**Quadro 3** - Níveis de perdas visíveis totais diante de variações na velocidade de locomoção

| Fonte                         | Variedade | Colhedora       | Velocidades de locomoção da colhedora (km h <sup>-1</sup> ) | Porcentagem de Perdas (%) |
|-------------------------------|-----------|-----------------|---|---------------------------|
| Noronha <i>et al.</i> (2011)  | RB855156  | Case A7700      | 6,2   | 9,30                      |
|                               |           |                 | 6,2   | 11,20                     |
| Silva <i>et al.</i> (2015)    | RB867515  | John Deere 3520 | 3,2   | 5,89                      |
|                               |           |                 | 3,6   | 8,08                      |
|                               | RB92579   | John Deere 3520 | 3,2   | 3,49                      |
|                               |           |                 | 3,6   | 2,75                      |
| Giachini <i>et al.</i> (2016) | RB867515  | Case IH A7700   |   | 0,88                      |
|                               |           |                 |   | 2,20                      |
| Santos <i>et al.</i> (2019)   | SP80-1842 | Case IH A8800   | 3,0   | 2,25                      |
|                               |           |                 | 4,0   | 2,40                      |
|                               |           |                 | 5,0   | 2,22                      |
|                               |           |                 | 6,0   | 4,16                      |
|                               |           |                 | 7,0   | 4,84                      |
|                               |           |                 | 8,0   | 4,59                      |
| Pellosso <i>et al.</i> (2019) | RB965902  | John Deere 3520 | 3,0   | 1,38                      |
|                               |           |                 | 6,0   | 1,92                      |
|                               |           |                 | 6,0   | 1,12                      |
|                               |           |                 | 3,0   | 1,80                      |
|                               |           |                 | 5,0   | 2,30                      |

**Fonte:** elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Conforme pode ser observado nas informações resumidas no Quadro 3, ainda que na sua maioria os experimentos descritos demonstrem que a velocidade de deslocamento da colhedora tende a elevar o percentual de perdas visíveis totais, deve-se levar em consideração também o processo de amostragem utilizado em cada estudo. Pois, apesar de utilizarem a

## CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM...

metodologia de classificação e cálculo das perdas percentuais recomendada pelo CTC, foram relatadas formas diversas de representatividade amostral, ao passo que o CTC estabelece que “[...] a representatividade de uma amostragem depende da homogeneidade da área, das repetições e do tamanho das parcelas”, e ainda, “deve-se amostrar no mínimo 10 pontos aleatórios por área liberada de colheita e uma amostragem não deve ultrapassar 3 hectares de representatividade” (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009, p.2).

Dessa forma, entende-se que a quantidade de pontos de amostragem escolhidos aleatoriamente não deve ser inferior a 10 com um distanciamento mínimo de 3 hectares a cada ponto, ou ainda, um ponto de amostragem a cada 3 hectares colhidos. Contudo, é possível presumir as dificuldades e custos inerentes a esse processo de amostragem.

Por exemplo, dados do último Censo Agrícola do IBGE (2017a; 2017b) informam que a área colhida total de cana-de-açúcar no Brasil foi de 9.127.645 ha, distribuídos em 171.348 unidades produtivas, o que perfaz uma área média de 53 ha unidade produtiva<sup>-1</sup>. Dessa forma, para atender ao que a metodologia CTC recomenda, seria necessária uma quantidade mínima de 18 pontos amostrais por unidade produtiva.

Ainda segundo os dados do IBGE (2017a; 2017b), no caso do estado de São Paulo que é o maior produtor nacional com uma área colhida total de 4.824.495 ha distribuídos por 15.002 unidades produtivas, perfazendo uma área média de 322 ha unidade produtiva<sup>-1</sup>, seria necessário realizar a coleta em, no mínimo, 107 pontos amostrais por empreendimento agrícola produtor de cana-de-açúcar, ou ainda, 1.605,2014 pontos amostrais em todo o estado.

Nesse contexto, admitindo-se a possibilidade de 3 pessoas/empregados gastarem uma hora para realizar a coleta e classificação em cada ponto amostral e os respectivos deslocamentos, e ainda, um custo médio hora<sup>-1</sup> de trabalho em torno de R\$ 10,89 (considerando apenas os gastos com salários, portanto: R\$ 2.395,00 mês<sup>-1</sup> / 220 horas mês<sup>-1</sup> = R\$10,89 hora<sup>-1</sup>), no estado de São Paulo (IBGE, 2020); somente com a mão de obra demandada para o processo de amostragem seriam gastos R\$ 3.500,00 (R\$ 10,89 funcionário<sup>-1</sup> x 3 funcionários x 107 coletas = R\$ 3.495,69) para cada unidade agrícola produtora, ou ainda, cerca de R\$ 52.500.000,00 em todo estado de São Paulo (R\$ 3.495,69 unidade produtora<sup>-1</sup> x 15,002 unidades produtoras = R\$ 52.442.341,38), desconsiderados os encargos sócias e trabalhistas que podem duplicar esse valor.

Diante da possibilidade de prejuízos que podem atingir até US\$ 450 milhões por ano devido à perdas de cerca de 10% matéria prima colhida em uma safra (SEGATO; DAHER, 2011), os montantes gastos com o processo de amostragem podem parecer pequenos.



Contudo, a não realização de tais gastos pode levar a prejuízos anuais ainda maiores. Ainda assim, a análise do custo da mão de obra envolvida no processo de amostragem das perdas visíveis do campo pode inibir a tomada de decisão envolvendo a realização desses gastos.

Dessa forma, a identificação e análise do custo com a mão de obra demandada no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita mecanizada pode permitir a proposição de métodos de amostragem capazes de viabilizar o monitoramento da ocorrência dessas perdas tão relevantes, porém, a um custo efetivamente menor. Pois, o uso de metodologias estatísticas aplicadas às operações agrícolas mecanizadas pode possibilitar desenvolver maiores níveis de controle operacional, produtivo e financeiro, de forma economicamente viável.

### **3 Metodologia**

Para estimar e analisar o custo com da mão de obra demandada no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita mecanizada, inicialmente, foram levantados os dados referentes ao rendimento médio real do trabalho (salário) recebido mensalmente por pessoas ocupadas no setor da agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura, no Brasil como um todo e individualmente nas suas 27 unidades federativas (IBGE, 2020)..

A base de dados utilizada para tanto foi pesquisada junto ao Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), mediante a consulta dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral (PNADC), que teve como referência o 1º trimestre 2020 (IBGE, 2020).

A partir da identificação dos salários médios mensais, foram calculados os respectivos salários hora<sup>-1</sup>, estimados os encargos e contribuições incidentes sobre a remuneração do empregado, identificado o gasto total do empregador e o custo efetivo da mão de obra referente aos empregados do setor agrícola brasileiro, conforme a descrição do respectivo processo de cálculo detalhada no Quadro 4.

A seguir, mediante novas consultas realizadas no SIDRA, foram levantadas as informações do último Censo Agrícola do IBGE (2017a; 2017b) referentes à área colhida total de cana-de-açúcar (ha) e o respectivo total de unidades agrícolas produtoras, no Brasil e nas suas 27 unidades federativas. A partir disso, foram estimadas as informações referentes à área média por unidade produtora (ha un<sup>-1</sup>) e as respectivas quantidades de amostras necessárias para a avaliação dos percentuais médios de perdas totais de cana no campo, segundo a metodologia de amostragem recomendada pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI,

## CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM...

2009), ou seja, uma amostra a cada 3 ha (área média por unidade produtora / 3 = quantidade unidades amostrais para cada 3 há colhidos de cana-de-açúcar).

**Quadro 4** – Descrição do processo de cálculo do custo com mão de obra

|                                  |  |   |   |
|----------------------------------|--|---|---|
| Salário médio mensal             | Identificado com base na Tabela 5442 da PAND contínua do 1º trim./2020.  |   |   |
| Salário médio hora <sup>-1</sup> | Salário médio mensal /220 horas por mês.   |   |   |
| Encargos e contribuições         | Estimado em 42,41% sobre salário (mensal e hora <sup>-1</sup> ), sendo:<br>+ 20,00% = INSS cota patronal<br>+ 8,00% = FGTS<br>+ 3,30% = Contribuições para INCRA/SEST/SEBRAE/SENAT<br>+ 2,78% = Provisão para adicional de 1/3 sobre férias [1/12]<br>+ 8,33% = Provisão para 13º salário [1/12] |   |   |
| Gasto total do empregador        | Salário (mensal e hora <sup>-1</sup> ) + Encargos e contribuições  |   |   |
| Custo efetivo                    | Estimando em 1,33 (ou 133%) vezes o gasto total do empregador (mensal e hora <sup>-1</sup> ), sendo:   |   |   |
|                                  | Hora   | Mês   | Descrição   |
|                                  | <b>220,00</b>  | <b>30,0</b>   | <b>Base de remuneração</b>                                      |
|                                  | -29,33   | -4,0  | Descanso semanal remunerado (DSR): 220/30x4 ou 4 domingos/mês   |
|                                  | -7,33  | -1,0  | Feriados: 220/30 ou média de 1/mês                              |
|                                  | -18,33   | -2,5  | Férias (recebe, mas, não trabalha): 220x(1/12) ou 30x(1/12)     |
|                                  | <b>165,00</b>  | <b>22,5</b>   | <b>Disponibilidade efetiva ou dias efetivamente trabalhados</b> |
| 1,33                             | 1,33   | Fator de ajuste base de remuneração/disponibilidade (220,00/165 ou 30/22,5) |   |

**Fonte:** elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Com base nas informações já descritas no Quadro 3 do referencial teórico desta pesquisa, foram identificados os percentuais mínimo (0,88%) e máximo (11,20%) referentes às perdas totais de cana no campo, segundo os experimentos realizados por Noronha *et al.* (2011), Silva *et al.* (2015), Giachini *et al.* (2016), Santos *et al.* (2019) e Pelloso *et al.* (2019). E, partir desses dois percentuais de perdas totais (mínimo e máximo), foram geradas 7 séries de números aleatórios com valores entre 0,88% (mínimo) e 11,20% (máximo), cada uma.

Essas 7 séries de dados tiveram por finalidade simular a quantidade de pontos amostrais com percentuais médios de perdas totais no campo que deveriam ser levantados pelas unidades agrícolas produtoras de cana-de-açúcar nos estados de Rio Grande do Norte (25 valores aleatórios), Alagoas (28 valores aleatórios), São Paulo (107 valores aleatórios), Paraná (36 valores aleatórios), Mato Grosso do Sul (134 valores aleatórios), Mato Grosso (26 valores aleatórios) e Goiás (93 valores aleatórios). As escolhas desses 7 estados para estudo se justificam pelo fato deles apresentarem áreas médias por unidade agrícola produtiva de cana-de-açúcar maiores que a média nacional (53 ha un<sup>-1</sup>), segundo os dados do Censo Agrícola do IBGE (2017a; 2017b).

Na sequência, para cada uma das 7 séries de dados, foi gerada uma série equivalente com valores iguais, porém, alternados e com metade da quantidade dos dados (um

ponto sim, um ponto não) das respectivas quantidades de pontos amostrais e os respectivos percentuais iniciais. Por exemplo, suponha uma série de dados  $n_{10}$  formada pelas 10 taxas percentuais a seguir: 0,88%; 1,00%; 1,50%; 3,10%; 4,05%; 11,09%; 0,90%; 1,60%; 1,70%; a respectiva série equivalente seria  $n_{10/2alternado} = 0,88%; 1,50%; 3,10%; 11,09%; 1,60%$ . Assim,  $n_{10/2alternado}$  tem a metade dos pontos amostrais coletados para  $n_{10}$ , simulando uma amostragem do tipo um ponto sim, um ponto não (pontos alternados da série inicial  $n$ ).

Cada uma daquelas 14 séries de dados (7 do tipo  $n$  e as 7 equivalentes do tipo  $n_{2alternado}$ ) foi submetida ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e, depois, foi realizado o teste paramétrico t de Student para comparação de médias para aquelas séries de dados que apresentaram distribuição normal, ou, foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon, que é o equivalente ao teste t de Student para as séries de dados que não possuem distribuição normal.

Os testes comparativos de médias tiveram por objetivo avaliar se as médias observadas nas séries de dados do tipo  $n$  eram estatisticamente iguais às médias das séries de dados equivalentes do tipo  $n_{2alternado}$ . Assim, uma vez confirmada a igualdade das médias, poder-se-ia assumir a forma alternativa de amostragem do tipo  $n_{2alternado}$ , o que permitiria reduzir a quantidade de amostras  $n$  coletadas em 50% e, conseqüentemente, seria obtido um benefício referente à uma redução de custos com mão de obra em torno de 50%, porém, mantendo-se os mesmos níveis de controle das perdas decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Sendo que, a valoração da economia esperada teria como base cálculo os custos efetivos de mão de obra já estimados para cada estado, segundo os dados do IBGE.

Para realização dos testes estatísticos, simulações e estimativas foram utilizados o sistema Action Stat Versão 3.7-15/01/2020 (R version 3.3.1-2016-10-31) e planilhas eletrônicas de cálculo.

Considerando o objetivo proposto para este estudo e a respectiva metodologia de análise de dados, a presente pesquisa pode ser classificada como uma investigação científica de natureza empírico-analítica baseada em métodos quantitativos aplicados.

#### **4 Análise dos Dados e Resultados**

Seguindo a metodologia estabelecida para realização desta investigação, inicialmente, procedeu-se à estimativa do custo com a mão de obra gasta no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, conforme descrito na Tabela 1.

## CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM...

As informações detalhadas na Tabela 1 permitem realizar inferências acerca do conhecido “custo Brasil” referente aos encargos sociais e trabalhistas impostos aos empreendimentos brasileiros. Ou seja, em média, os encargos e contribuições incidentes sobre a remuneração do empregado elevam os custos com mão de obra em mais de 40% (42,41%).

**Tabela 1** – Estimativa do custo com mão de obra gasta no processo de amostragem das perdas

| Unidade da federação | Salário médio na agricultura |                        | Encargos e contribuições |                        | Gasto total do empregador |                        | Custo efetivo         |                        |
|----------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                      | R\$ mês <sup>-1</sup>        | R\$ hora <sup>-1</sup> | R\$ mês <sup>-1</sup>    | R\$ hora <sup>-1</sup> | R\$ mês <sup>-1</sup>     | R\$ hora <sup>-1</sup> | R\$ mês <sup>-1</sup> | R\$ hora <sup>-1</sup> |
| <b>Brasil</b>        | <b>1.409,00</b>              | <b>6,40</b>            | <b>597,57</b>            | <b>2,72</b>            | <b>2.006,57</b>           | <b>9,12</b>            | <b>2.675,43</b>       | <b>12,16</b>           |
| Rondônia             | 1.579,00                     | 7,18                   | 669,67                   | 3,04                   | 2.248,67                  | 10,22                  | 2.998,23              | 13,63                  |
| Acre                 | 1.073,00                     | 4,88                   | 455,07                   | 2,07                   | 1.528,07                  | 6,95                   | 2.037,43              | 9,26                   |
| Amazonas             | 531,00                       | 2,41                   | 225,20                   | 1,02                   | 756,20                    | 3,44                   | 1.008,27              | 4,58                   |
| Roraima              | 1.531,00                     | 6,96                   | 649,31                   | 2,95                   | 2.180,31                  | 9,91                   | 2.907,09              | 13,21                  |
| Pará                 | 949,00                       | 4,31                   | 402,48                   | 1,83                   | 1.351,48                  | 6,14                   | 1.801,98              | 8,19                   |
| Amapá                | 1.061,00                     | 4,82                   | 449,98                   | 2,05                   | 1.510,98                  | 6,87                   | 2.014,64              | 9,16                   |
| Tocantins            | 1.386,00                     | 6,30                   | 587,82                   | 2,67                   | 1.973,82                  | 8,97                   | 2.631,76              | 11,96                  |
| Maranhão             | 519,00                       | 2,36                   | 220,11                   | 1,00                   | 739,11                    | 3,36                   | 985,48                | 4,48                   |
| Piauí                | 383,00                       | 1,74                   | 162,43                   | 0,74                   | 545,43                    | 2,48                   | 727,25                | 3,31                   |
| Ceará                | 458,00                       | 2,08                   | 194,24                   | 0,88                   | 652,24                    | 2,96                   | 869,66                | 3,95                   |
| Rio Grande do Norte  | 646,00                       | 2,94                   | 273,98                   | 1,25                   | 919,98                    | 4,18                   | 1.226,63              | 5,58                   |
| Paraíba              | 590,00                       | 2,68                   | 250,23                   | 1,14                   | 840,23                    | 3,82                   | 1.120,30              | 5,09                   |
| Pernambuco           | 550,00                       | 2,50                   | 233,26                   | 1,06                   | 783,26                    | 3,56                   | 1.044,35              | 4,75                   |
| Alagoas              | 844,00                       | 3,84                   | 357,95                   | 1,63                   | 1.201,95                  | 5,46                   | 1.602,60              | 7,28                   |
| Sergipe              | 605,00                       | 2,75                   | 256,59                   | 1,17                   | 861,59                    | 3,92                   | 1.148,78              | 5,22                   |
| Bahia                | 862,00                       | 3,92                   | 365,58                   | 1,66                   | 1.227,58                  | 5,58                   | 1.636,78              | 7,44                   |
| Minas Gerais         | 1.568,00                     | 7,13                   | 665,01                   | 3,02                   | 2.233,01                  | 10,15                  | 2.977,34              | 13,53                  |
| Espírito Santo       | 1.317,00                     | 5,99                   | 558,55                   | 2,54                   | 1.875,55                  | 8,53                   | 2.500,74              | 11,37                  |
| Rio de Janeiro       | 1.142,00                     | 5,19                   | 484,33                   | 2,20                   | 1.626,33                  | 7,39                   | 2.168,45              | 9,86                   |
| São Paulo            | 2.395,00                     | 10,89                  | 1.015,75                 | 4,62                   | 3.410,75                  | 15,50                  | 4.547,66              | 20,67                  |
| Paraná               | 2.048,00                     | 9,31                   | 868,58                   | 3,95                   | 2.916,58                  | 13,26                  | 3.888,77              | 17,68                  |
| Santa Catarina       | 1.964,00                     | 8,93                   | 832,95                   | 3,79                   | 2.796,95                  | 12,71                  | 3.729,27              | 16,95                  |
| Rio Grande do Sul    | 2.044,00                     | 9,29                   | 866,88                   | 3,94                   | 2.910,88                  | 13,23                  | 3.881,18              | 17,64                  |
| Mato Grosso do Sul   | 2.318,00                     | 10,54                  | 983,09                   | 4,47                   | 3.301,09                  | 15,00                  | 4.401,45              | 20,01                  |
| Mato Grosso          | 2.326,00                     | 10,57                  | 986,48                   | 4,48                   | 3.312,48                  | 15,06                  | 4.416,64              | 20,08                  |
| Goiás                | 2.062,00                     | 9,37                   | 874,52                   | 3,98                   | 2.936,52                  | 13,35                  | 3.915,36              | 17,80                  |
| Distrito Federal     | 2.749,00                     | 12,50                  | 1.165,88                 | 5,30                   | 3.914,88                  | 17,79                  | 5.219,84              | 23,73                  |

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados do IBGE (2020)

Além da carga tributária, o empregador deve suportar também uma série de outras obrigações que implicam na redução do tempo em que o empregado fica à disposição da empresa, o que faz com que o custo com a mão de obra quase que dobre; ou seja, o custo efetivo da mão de obra equivale a 189,88% do gasto com a remuneração paga ao empregado (salários), conforme demonstrado pelas informações apresentadas na Tabela 1.

Mediante consultas realizadas aos dados do último Censo Agrícola do IBGE (2017a; 2017b), foram levantadas as informações referentes à área colhida total de cana-de-açúcar (em hectares - ha) e ao total de unidades agrícolas produtoras, no Brasil e nas suas 27 unidades

federativas, conforme demonstra a Tabela 2. Sendo que, a partir dessas informações, estimou-se a área média por unidade produtora ( $\text{ha un}^{-1}$ ) e as respectivas quantidades de amostras necessárias para a avaliação dos percentuais médios de perdas totais de cana no campo, segundo a metodologia de amostragem recomendada pelo CTC (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

**Tabela 2** – Amostragem recomendada pelo CTC por unidade agrícola produtora de cana-de-açúcar

| Unidade da federação | Área colhida total (ha) | Total de unidades produtoras (un) | Área média por unidade ( $\text{ha un}^{-1}$ ) | Amostragem recomendada pelo CTC ( $\text{un } 3\text{ha}^{-1}$ ) |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|--|
| <b>Brasil</b>        | <b>9.127.645</b>        | <b>171.348</b>                    | <b>53</b>                                      | <b>18</b>  |
| Rondônia             | 2.706                   | 1.204                             | 2  | 1  |
| Acre                 | 166                     | 753                               | 0  | 0  |
| Amazonas             | 4.352                   | 5.890                             | 1  | 0  |
| Roraima              | 231                     | 1.077                             | 0  | 0  |
| Pará                 | 14.614                  | 1.858                             | 8  | 3  |
| Amapá                | 142                     | 1.008                             | 0  | 0  |
| Tocantins            | 33.459                  | 1.603                             | 21   | 7  |
| Maranhão             | 37.616                  | 1.105                             | 34   | 11   |
| Piauí                | 16.808                  | 1.796                             | 9  | 3  |
| Ceará                | 3.730                   | 2.978                             | 1  | 0  |
| Rio Grande do Norte  | 38.315                  | 513                               | 75   | 25   |
| Paraíba              | 104.766                 | 2.580                             | 41   | 14   |
| Pernambuco           | 227.128                 | 6.229                             | 36   | 12   |
| Alagoas              | 264.557                 | 3.109                             | 85   | 28   |
| Sergipe              | 38.926                  | 895                               | 43   | 14   |
| Bahia                | 52.580                  | 15.369                            | 3  | 1  |
| Minas Gerais         | 875.472                 | 49.246                            | 18   | 6  |
| Espírito Santo       | 41.326                  | 1.512                             | 27   | 9  |
| Rio de Janeiro       | 30.655                  | 4.496                             | 7  | 2  |
| São Paulo            | 4.824.495               | 15.002                            | 322  | 107  |
| Paraná               | 633.417                 | 5.839                             | 108  | 36   |
| Santa Catarina       | 3.682                   | 7.995                             | 0  | 0  |
| Rio Grande do Sul    | 12.769                  | 31.070                            | 0  | 0  |
| Mato Grosso do Sul   | 690.995                 | 1.715                             | 403  | 134  |
| Mato Grosso          | 232.251                 | 2.979                             | 78   | 26   |
| Goiás                | 942.289                 | 3.394                             | 278  | 93   |
| Distrito Federal     | 198                     | 133                               | 1  | 0  |

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados do IBGE (2017a; 2017b; BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009)

A partir das informações levantadas junto ao SIDRA do IBGE (2017a; 2017b; 2020), e ainda, considerando as informações acerca do percentual mínimo de perdas totais (0,88%) de cana-de-açúcar no campo, bem como, do respectivo percentual máximo (11,20%) (NORONHA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2015; GIACHINI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2019; PELLOSO *et al.*, 2019), foram aleatoriamente estimados os possíveis percentuais de perda total para unidades agrícolas produtoras de cana-de-açúcar dos estados cuja área média, por unidade, foi maior que a área média por unidade produtora em nível nacional (53 ha unidade

## CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM...

<sup>1</sup>), ou seja: Rio Grande do Norte (25 percentuais aleatórios); Alagoas (28 percentuais aleatórios); São Paulo (107 percentuais aleatórios); Paraná (36 valores aleatórios); Mato Grosso do Sul (134 percentuais aleatórios); Mato Grosso (26 percentuais aleatórios); e Goiás (93 percentuais aleatórios).

Para cada uma daquelas  $n$  série de dados, foi gerada uma nova série equivalente com valores iguais, porém, com apenas 50% dos valores integrantes das respectivas séries  $n$  iniciais, cuja escolha dos dados ocorreu de forma alternada, ou seja, para cada série de dados  $n$  foi gerada uma série do tipo  $n/2_{alternado}$  com a metade dos pontos amostrais coletados para  $n$ , simulando uma amostragem do tipo um ponto sim, um ponto não. Ambas as séries ( $n$  e  $n/2_{alternado}$ ) foram submetidas a testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov, conforme os resultados descritos na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resultados do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup>

| Estado              | Parâmetros       | Amostragem a cada 3 ha<br>( $n$ ) | Amostragem a cada 6 há<br>( $n/2_{alternado}$ ) |
|---------------------|------------------|-----------------------------------|---|
| Rio Grande do Norte | Estatísticas     | 0,1674                            | 0,1738  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,07                              | 0,40  |
|                     | Tamanho          | 25                                | 13  |
| Alagoas             | Estatísticas     | 0,1363                            | 0,1978  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,20                              | 0,14  |
|                     | Tamanho          | 28                                | 14  |
| São Paulo           | Estatísticas     | 0,0683                            | 0,0856  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,25                              | 0,42  |
|                     | n                | 107                               | 54  |
| Paraná              | Estatísticas     | 0,1239                            | 0,1795  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,17                              | 0,13  |
|                     | Tamanho          | 36                                | 18  |
| Mato Grosso do Sul  | Estatísticas     | 0,0864                            | 0,0809  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,02                              | 0,34  |
|                     | Tamanho          | 134                               | 67  |
| Mato Grosso         | Estatísticas     | 0,1542                            | 0,1551  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,12                              | 0,53  |
|                     | Tamanho          | 26                                | 13  |
| Goiás               | Estatísticas     | 0,0996                            | 0,0833  |
|                     | <i>P-valores</i> | 0,02                              | 0,57  |
|                     | Tamanho          | 93                                | 47  |

(a) nível de confiança = 0,95

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa

Segundo as informações resumidas na Tabela 3 as séries  $n$  de dados dos estados de Mato Grosso e Goiás não apresentaram distribuição normal ( $P\text{-valor} < 0,05$ ). Assim, os estados do Rio Grande do Norte, Alagoas, São Paulo, Paraná e Mato Grosso tiveram as médias das suas séries  $n$  (amostra colhida a cada 3 ha) e  $n/2_{alterando}$  (amostra colhida a cada 6

ha) comparadas mediante aplicação do t de Student, cujos resultados estão descritos na Tabela 4.

Admitindo-se um nível de confiança de 95%, os resultados do t de Student ( $P$ -valor  $> 0,05$ ) descritos na Tabela 4 indicam que não se pode rejeitar a hipótese nula de igualdade das médias. Isto é, as médias apuradas para  $n$  e  $n/2$ alternado podem ser consideradas estatisticamente iguais, independentemente da redução de 50% na quantidade de observações de  $n$  para  $n/2$ alternado.

**Tabela 4** – Resultados do teste t de Student<sup>a</sup>

| Parâmetros \ Estado              | Rio Grande do Norte | Alagoas | São Paulo | Paraná | Mato Grosso |
|----------------------------------|---------------------|---------|-----------|--------|-------------|
| Estatística T                    | -0,0141             | -0,1482 | -0,0013   | 0,5795 | 1,2153      |
| Graus de Liberdade               | 36,00               | 40      | 159,00    | 52,00  | 37,00       |
| $P$ -valor                       | 0,99                | 0,88    | 0,99      | 0,56   | 0,23        |
| Média de $n$                     | 6,23                | 5,94    | 5,78      | 5,59   | 6,05        |
| Média de $n/2$ alternado         | 6,25                | 6,07    | 5,78      | 5,13   | 4,80        |
| Desvio Padrão de $n$             | 3,02                | 2,64    | 2,95      | 2,67   | 3,07        |
| Desvio Padrão de $n/2$ alternado | 2,72                | 2,89    | 3,00      | 2,99   | 2,98        |
| Desvio Padrão Agrupado           | 2,92                | 2,72    | 2,97      | 2,78   | 3,04        |
| Tamanho de I                     | 25,00               | 28      | 107,00    | 36,00  | 26,00       |
| Tamanho de $n/2$ alternado       | 13,00               | 14      | 54,00     | 18,00  | 13,00       |
| Limite Inferior                  | -2,04               | -1,93   | -0,98     | -1,14  | -0,84       |
| Limite Superior                  | 2,01                | 1,67    | 0,98      | 2,07   | 3,35        |

(a) nível de confiança = 0,95

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa

Uma vez que as séries  $n$  de dados dos estados de Mato Grosso e Goiás não apresentaram distribuição normal ( $P$ -valor  $< 0,05$ ), conforme já descrito na Tabela 3, a respectiva análise comparativa de médias entre  $n$  e  $n/2$ alternado foi avaliada mediante aplicação do teste de Wilcoxon, cujos resultados estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5** – Resultados do teste Wilcoxon<sup>a</sup>

| Parâmetros \ Estado        | Mato Grosso do Sul | Goiás    |
|----------------------------|--------------------|----------|
| Estatística                | 4.352,00           | 2.075,50 |
| $P$ -valor                 | 0,72               | 0,63     |
| Tamanho de $n$             | 134                | 93       |
| Tamanho de $n/2$ alternado | 67                 | 47       |
| Limite Inferior            | -1,11              | -1,35    |
| (Pseudo) Mediana           | -0,14              | -0,22    |
| Limite Superior            | 0,74               | 0,85     |

(a) nível de confiança = 0,95

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa

Conforme pode ser visto na Tabela 5, para um nível de confiança de 95%, os resultados do teste de Wilcoxon ( $P$ -valor  $> 0,05$ ) indicam que não é possível rejeitar a

## CUSTOS COM MÃO DE OBRA E A AMOSTRAGEM...

hipótese nula de igualdade das medianas das observações de  $n$  para  $n/2$  alterado para os estados de Mato Grosso do Sul e Goiás.

Semelhante ao que aconteceu com os demais estados analisados, porém, mediante a aplicação de um teste não paramétrico, pode-se afirmar que as medianas das séries de dados  $n$  e  $n/2$  alterado de de Mato Grosso do Sul e Goiás podem ser consideradas estatisticamente iguais, independentemente da redução de 50% na quantidade de observações de  $n$  para  $n/2$  alterado.

Dessa forma, com base nos valores simulados aleatoriamente para  $n$ , e ainda, observado que a redução de 50% na quantidade de amostras ( $n/2$  alterado) não implica em alteração estatisticamente significativa nas médias de perdas percentuais decorrentes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, foram estimados os custos do processo de coleta por tipo de amostragem, tanto em termos médios por unidade produtora quanto em montantes totais para os respectivos estados, conforme pode ser constatado na Tabela 6.

As estimativas dos custos descritas na Tabela 6 levaram em conta o custo hora<sup>-1</sup> de mão de obra para um funcionário nos respectivos estados (conforme informado na Tabela 1), o tempo médio de 1 hora de trabalho para coleta de cada amostra e o deslocamento entre pontos de amostragem, e, assumiu-se que todo o processo em questão demandaria 3 funcionários, conforme formulação descrita pelas Equações 2 e 3, cujos respectivos valores estão demonstrados na Tabela 6.

Segundo as informações detalhadas na Tabela 6, com a redução de 50% da quantidade de amostras coletadas, segundo a metodologia proposta nesta investigação científica, o estado do Rio Grande do Norte apuraria uma economia média de R\$ 200,72 unidade produtiva<sup>-1</sup> e uma economia total R\$ 102.970,38 estado<sup>-1</sup>; no estado de Alagoas, seria identificada uma economia média de R\$ 305,95 unidade produtiva<sup>-1</sup> e uma economia total de R\$ 951.201,20 estado<sup>-1</sup>; em São Paulo, a economia média seria de R\$ 3.286,53 unidade produtiva<sup>-1</sup> e a economia total no estado seria R\$ 49.304.523,06 estado<sup>-1</sup>; no Paraná, apurar-se-ia uma economia média de R\$ 954,52 unidade produtiva<sup>-1</sup> e um total de R\$ 5.573.424,44 estado<sup>-1</sup>; no Mato Grosso do Sul seria possível obter uma economia média de R\$4.021,33 unidade produtiva<sup>-1</sup> e um total de R\$ 6.896.576,28 estado<sup>-1</sup>; no Mato Grosso a economia média seria de R\$ 782,95 unidade produtiva<sup>-1</sup> e um total de R\$ 2.332.409,23 estado<sup>-1</sup>; e, para o estado de Goiás, a economia média seria de R\$ 2.456,00 unidade produtiva<sup>-1</sup>, e uma economia total de R\$ 8.335.650,86 estado<sup>-1</sup>.

$$\text{Custo da amostragem (R\$ unidade produtiva}^{-1}\text{)} = \text{Custos hora}^{-1} \cdot 3 \text{ funcionários} \cdot \text{tamanho da amostra} \quad (2)$$



$$\text{Custo da amostragem (R\$ estado}^{-1}\text{)} = \text{Custo da amostragem} \cdot \text{Quantidade de unidades produtoras} \quad (3)$$

**Tabela 6** – Estimativa de custos por tipo de amostragem

| Estado              | Parâmetros                          | Amostragem a cada 3 há<br>(n) | Amostragem a cada 6 ha<br>(n/2altenardo) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| Rio Grande do Norte | Tamanho da amostra                  | 25                            | 13                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 418,17                        | 217,45                                   |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 214.521,62                    | 111.551,24                               |
| Alagoas             | Tamanho da amostra                  | 28                            | 14                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 611,90                        | 305,95                                   |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 1.902.402,40                  | 951.201,20                               |
| São Paulo           | Tamanho da amostra                  | 107                           | 54                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 6.635,07                      | 3.348,54                                 |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 99.539.320,14                 | 50.234.797,08                            |
| Paraná              | Tamanho da amostra                  | 36                            | 18                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 1.909,03                      | 954,52                                   |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 11.146.848,89                 | 5.573.424,44                             |
| Mato Grosso do Sul  | Tamanho da amostra                  | 134                           | 67                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 8.042,65                      | 4.021,33                                 |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 13.793.152,56                 | 6.896.576,28                             |
| Mato Grosso         | Tamanho da amostra                  | 26                            | 13                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 1.565,90                      | 782,95                                   |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 4.664.818,46                  | 2.332.409,23                             |
| Goiás               | Tamanho da amostra                  | 93                            | 47                                       |
|                     | R\$ unidade produtiva <sup>-1</sup> | 4.965,38                      | 2.509,39                                 |
|                     | R\$ estado <sup>-1</sup>            | 16.852.511,53                 | 8.516.860,66                             |

**Fonte:** elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa

Enfim, com base nos dados do IBGE (2017a; 2017b; 2020) e nos resultados dos experimentos realizados por Noronha *et al.* (2011), Silva *et al.* (2015), Giachini *et al.* (2016), Santos *et al.* (2019) e Pelloso *et al.* (2019), pode-se estimar que a mudança no processo de amostragem proposta neste estudo poderia produzir uma economia total de R\$ 73.496.755,46 para o setor sucroenergético brasileiro como um todo, sem quedas de qualidade estatisticamente relevantes para o processo de monitoramento da ocorrência das perdas de visíveis de matéria-prima no campo.

## 5 Considerações finais

A partir de dados empiricamente válidos, esta pesquisa conseguiu estimar e analisar o custo com a mão de obra demandada no processo de amostragem das perdas decorrentes da colheita mecanizada, e ainda, propôs-se uma forma alternativa de amostragem capaz de viabilizar o monitoramento da ocorrência de perdas dessa natureza, contudo, mediante a apuração de um custo expressivamente menor que o provável custo atual.

Por outro lado, se do ponto de vista operacional e financeiro as unidades agrícolas produtoras de cana-de-açúcar não têm implementado o processo de amostragem das perdas de matéria-prima no campo devido ao respectivo custo, a metodologia ora proposta oferece uma alternativa viável tanto do ponto de vista estatístico quanto do ponto de vista econômico.

Como principal limitação desta pesquisa, destaca-se a impossibilidade de se utilizar dados reais pertinentes ao dia a dia das unidades produtoras de cana, contudo, a aleatoriedade conferida ao processo de simulação utilizado nesta investigação pode ser considerada suficientemente viável para superar tal limitação.

Para continuidade deste estudo, sugere-se a aplicação da metodologia proposta nesta investigação ao processo de amostragem para levantamento populacional de pragas da cana-de-açúcar.

### Referências

BENEDINI, Mauro Sampaio; BROD, Fernando Pedro Reis; PERTICARRARI, José Guilherme. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. Boletim técnico. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 2009.

BENEDINI, Mauro Sampaio; SILVA, Adriana Lúcia da. Perdas de cana na colheita mecanizada. **Revista Canavieiros**, Sertãozinho, v. 5, n. 48, p.28-31, jun. 2010.

GIACHINI, Camillo Ferrarezi; RAMOS, Carlos Renato Guedes; LYRA, Gabriel Albuquerque de; GAMERO, Carlos Antonio; LANÇAS, Kléber Pereira. Consumo de combustível e perdas de cana-de-açúcar durante a colheita diurna e noturna. **Energ. Agric.**, Botucatu, v. 31, n.1, p.10-16, jan.-mar., 2016. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/864>. Acesso em 19 jun. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Lavouras temporárias: Tabela 6959 - Produção, valor da produção, venda, valor da venda e área colhida da lavoura temporária nos estabelecimentos agropecuários, por tipologia, produtos da lavoura temporária e grupos de área total (Variável - Área colhida nas lavouras temporárias em hectares). Rio de Janeiro: Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2017a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6959>. Acesso em 22 jun. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Lavouras temporárias: Tabela 6959 - Produção, valor da produção, venda, valor da venda e área colhida da lavoura temporária nos estabelecimentos agropecuários, por tipologia, produtos da lavoura temporária e grupos de área total (Variável - Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária em unidades). Rio de Janeiro: Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2017b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6959>. Acesso em 22 jun. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral (PNADC)**. 1º trimestre 2020: Tabela 5442 - Rendimento

médio real, habitualmente recebido por mês e efetivamente recebido no mês de referência, do trabalho principal, por grupamentos de atividade no trabalho principal (Variável - Rendimento médio real do trabalho principal, habitualmente recebido por mês, pelas pessoas de 14 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência, com rendimento de trabalho em Reais / Grupamento: Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura). Rio de Janeiro: Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6959>>. Acesso em 22 jun. 2020.

LIONÇO, Eduardo; BRESSAN, Jaimerson; SILVA, Clandio Medeiros da. Sistematização da área para implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Campo Digit@l**, Campo Mourão, v.5, n.1, p.20-25, dez., 2010. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/727>. Acesso em 22 jun. 2020.

NORONHA, Rafael Henrique de Freitas; SILVA, Rouverson Pereira da; CHIODEROLI, Carlos Alessandro; SANTOS, Edvaldo Pereira dos; CASSIA, Marcelo Tufaile. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.931-938, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v70n4/28.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

PELLOSO, Murilo Fuentes; LIMA, Adriano Aparecido de; PELLOSO, Bruno Fuentes; SILVA, Arthur Pereira da. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n.2, p. 114-120, mar-abr., 2019,. DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n1.a290Disponível em: <http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index>. Acesso em: 19 jun. 2020.

SANTOS, José Roberto dos; MIRANDA, Alexandre Tadeu de Oliveira; CARDOSO, Daniel Dias; SANTOS, Bruno Teixeira; AMARO, Hugo Tiago Ribeiro; PORTO, Edson Marcos Viana. Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar em função da velocidade de trabalho da colhedora. **Pesq. Agropec. Pernamb.**, Recife, v. 24, n.2, e2102242019, p. 1-5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12661/pap.2019.009>. Acesso em: 23 jun. 2020.

SEGATO, Silvelena Vanzolini; DAHER, Fabio. Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. **Nucleus**, Ituverava, v.8, n.1, p. 315-326, abr.2011. DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v8i1.471>. Acesso em 24 jun. 2020

SILVA, Rivonete Coelho da; OLIVEIRA, Taniele Carvalho de; FIGUEIREDO, Zulema Netto; CALDEIRA, Daniela Soares Alves. Nota Técnica: Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, v. 23, n.1, p. 71-77, jan./ fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v23i1.515>. Acesso em 20 jun. 2020.