



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira-DTS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO DAS IMPUREZAS NA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DAS FORMAS DE COLHEITA

ALINE JADE PEREIRA DE SOUZA

João Pessoa/PB

Novembro/2017

Aline Jade Pereira de Souza

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO DAS IMPUREZAS NA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DAS FORMAS DE COLHEITA

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira.

Orientador: Dr^a. Erika Adriana de Santana Gomes
Co-orientador: Dr^a. Liana Filgueira de Albuquerque

João Pessoa/PB

Novembro/2017

S729a Souza, Aline Jade Pereira de.

Avaliação das impurezas na cana-de-açúcar a partir das formas de colheita.

[recurso eletrônico] / Aline Jade Pereira de Souza. -- 2017.

35 p.: il.: color. + CD.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Orientador: Prof. Dra. Erika Adriana de Santana Gomes.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Tecnologia em Produção Sucroalcooleira) – CTDR/UFPB.

1. Cana de açúcar.
 2. Colheita manual e mecanizada.
 3. Processo de produção.
 4. Impurezas vegetais e minerais.
- I. Gomes, Erika Adriana de Santana. II. Universidade Federal da Paraíba. III. Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional. IV. Título.

CDU: 633.61:338.1

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**ALINE JADE PEREIRA DE SOUZA****AVALIAÇÃO DAS IMPUREZAS DA CANA NAS
FORMAS DE COLHEITA**

TCC aprovado em 29 / 11 / 17 como requisito para a conclusão do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:

Profª. Drª. Erika Adriana de Santana Gomes - UFPB –Orientadora

Profª. Drª. Liana Filgueira de Albuquerque - UFPB – Co-orientadora

Prof.ª Dr.ª Joelma Moraes Ferreira - (UFPB – Membro Interno)

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, meu guia, aos meus pais, meu esposo que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida, pois sem eles este trabalho e muitos dos meus sonhos não se realizariam.”

AGRADECIMENTOS

Às minhas queridas orientadoras, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Agradeço a todos os meus professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, que dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais, sem nominar, terão os meus eternos agradecimentos.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade e parceria que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes na minha vida, com certeza.

Ao Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da UFPB, e às pessoas tão especiais com quem convivi nesse espaço ao longo desses anos que também foram essenciais para realização deste feito. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos nesse espaço foi a melhor experiência da minha formação acadêmica.

RESUMO

A cana de açúcar é um produto de grande importância para o agronegócio brasileiro que gera economia, empregos, inovação, tecnologia e ouso dizer que contribui significativamente para a economia do país. Da cana de açúcar podemos produzir: açúcar, cachaça, etanol, energia e vários outros produtos. Com o aumento da população e a busca por um desenvolvimento sustentável, há uma necessidade crescente de fontes tecnológicas que aumentem a produtividade por área cultivada como também se obtenha um produto mais “limpo” ambientalmente falando; e que se eleve a qualidade do produto e o rendimento. Atualmente temos a colheita da cana queimada e a colheita no sistema mecanizado da cana crua que vem se intensificando, objetivando a eliminação da colheita pelo método de queima que gera gases do efeito estufa e degrada o solo, mesmo sabendo que no ciclo da cana o CO₂ é reabsorvido no crescimento da plana. Neste trabalho foram avaliados a influência dos tipos de corte da colheita da cana-de-açúcar, a qualidade da matéria-prima proveniente dos cortes manuais e mecanizados bem como as consequências no processo produtivo. As impurezas trazidas por cada, gera perdas de rendimentos e o desgaste dos equipamentos, além do excessivo consumo de insumos para o tratamento do caldo gerado pela matéria-prima processada. Foi possível comprovar juntamente com a literatura que a colheita mecanizada traz uma menor percentual de impurezas totais com relação colheita manual a qual sofre influência do arraste de impurezas durante o carregamento dos caminhões. Embora a colheita mecanizada gere alguns inconvenientes como a necessidade de adequação de suas máquinas e o desemprego, ela melhora consideravelmente a proteção e cuidado com meio ambiente, a proteção do solo e a qualidade de vida da população, podendo esses inconvenientes serem reparados com melhor adequação do maquinário e reeducação dos operadores das colheitadeiras, podendo surgir novas oportunidades de capacitação e emprego, como o reaproveitamento da matéria prima que fica no campo como fonte de renda.

Palavras-chave: cana de açúcar, colheita manual e mecanizada, impurezas vegetais e minerais.

ABSTRACT

Sugar cane is a product of great importance for the Brazilian agribusiness that generates economy, jobs, innovation, technology and I dare say that it contributes significantly to the economy of the country. Sugar cane can produce sugar, cachaça, ethanol, energy and various other products. With population growth and the quest for sustainable development, there is a growing need for technological sources that increase productivity per acre as well as a "cleaner" environmentally speaking product; and raise product quality and yield. Nowadays we have the harvest of the cane burned and the harvest in the mechanized system of raw cane that is intensifying, aiming the elimination of the harvest by the burning method that generates greenhouse gases and degrades the soil, even knowing that in the cane cycle the CO₂ is reabsorbed in the growth of flat. In this work, the influence of sugarcane harvesting types, the quality of the raw material obtained from the manual and mechanized cuts as well as the consequences in the productive process were evaluated. The impurities brought by each, generate income losses and the equipment wear, in addition to the excessive consumption of inputs for the treatment of the broth generated by the processed raw material. It was possible to prove together with the literature that the mechanized harvest brings a lower percentage of total impurities with respect to manual harvesting which is influenced by the drag of impurities during the loading of the trucks. Although mechanized harvesting generates some inconveniences such as the need to adapt its machines and unemployment, it considerably improves the protection and care of the environment, the protection of the soil and the quality of life of the population, and these inconveniences can be repaired with better adaptation of the machinery and re-education of harvester operators, and new opportunities for training and employment may arise, such as the reuse of the raw material that remains in the field as a source of income.

Keywords: sugarcane, manual and mechanized harvesting, vegetable impurities and minerals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico da qualidade de matéria prima e a evolução da colheita mecanizada no Centro Sul	16
Figura 2 - Perdas invisíveis na forma de caldo, serragem e estilhaços	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios das impurezas na SAFRA 2011 a 2013 (em %).....	20
Tabela 2 - Classificação do percentual de impurezas provenientes da colheita e da matéria-prima.	20
Tabela 3 - Evolução da mecanização agrícola da colheita da cana de açúcar no Centro-Sul (%).....	22
Tabela4 - Análises físico-químicas realizadas no recebimento da cana e suas metodologias...25	
Tabela 5-Valores médios das análises físico-químicas realizadas no recebimento da cana....	25
Tabela 6 - Fatores utilizados na quantificação do pagamento de cana.....	25
Tabela 7- Dados de impurezas vegetais obtidas durante o recebimento da cana na usina.....	27
Tabela 8- Dados de impurezas minerais obtidas durante o recebimento da cana na usina.....	28
Tabela 9- Previsão do pagamento de cana e do valor pago pelas impurezas por colheita mecanizada e manual.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.2 OBJETIVO ESPECIFICO	12
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR	13
2.2 INFLUÊNCIA DAS IMPUREZAS VEGETAIS E MINERAIS NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	18
2.3 RECEBIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA INDÚSTRIA	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DAS IMPUREZAS.....	20
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 MÉTODOS DE COLHEIRA DA CANA-DE-AÇÚCAR	21
3.2 RECEBIMENTO DA CANA E COLETA DAS AMOSTRAS NA USINA.....	22
3.2.1 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM NO RECEBIMENTO DA CANA.....	23
3.2.2 ANÁLISES REALIZADAS NA CANA RECEBIDA NA USINA – LABORATÓRIO DE PAGAMENTO DE CANA.....	23
3.2.3 QUANTIFICAÇÃO DO PAGAMENTO DA CANA RECEBIDA.....	25
4.0 RESULTADOS E DISCURSÕES.....	26
4.1 IMPUREZAS VEGETAIS E MINERAIS NO RECEBIMENTO DA CANA NA USINA.....	26
4.2 QUANTIFICAÇÃO DO PAGAMENTO DE CANA E DAS PERDAS DECORRENTES DAS IMPUREZAS VEGETAIS E MINERAIS NO RECEBIMENTO DA CANA NA USINA.....	29
5.0 CONCLUSÃO.....	31
6.0 REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar trazida pelos portugueses ao Brasil é originária do Sudeste Asiático e teve seu cultivo iniciado no Nordeste brasileiro, posteriormente se espalhando pelo restante do país (ROCHA, 2013).

Essa cultura tem grande destaque na economia do país, atualmente, é de suma importância para o agronegócio nacional, sendo considerado o maior produtor dessa matéria-prima no mundo e, consequentemente, maior produtor de açúcar e álcool, principalmente, nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul. Além disso, o Brasil se destaca pela experiência na produção desses produtos, elevado conhecimento biotecnológico e grande atuação na comercialização de veículos *flex* (VIEIRA, 2007). O setor sucroalcooleiro tem grande importância na empregabilidade no Brasil, sendo responsável por cerca de 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos, com perspectiva de expansão. (ÚNICA 2007^a *apud* ROCHA, 2013; IBGE, 2006 *apud* ROCHA 2013). O Brasil produz, em média, 81 toneladas de cana-de-açúcar/ha/ano com perspectiva de atingir cerca de 14 milhões de hectares em 2030. Na indústria, 55% da cana processada é transformada em álcool e 45% em açúcar (ROCHA, 2013).

Quando a cana está pronta para ser processada ela é colhida e enviada para a indústria. As formas de colheita podem ser: manual e/ou mecanizada. Sendo que para haver a colheita manual é necessário queimá-la antes, ainda no campo, o que ocasiona aumento da poluição do ar, efeitos negativos ligados a saúde populacional e empobrecimento do solo (OLIVEIRA, 2000). Logo, com o aumento da produção de cana-de-açúcar, faz-se necessário um melhor sistema de mecanização e sustentabilidade. O protocolo Agroambiental de São Paulo optou contra a queimada da cana, devido ao impacto ambiental causado durante sua colheita, além de um aumento considerável de doenças respiratórias na população do entorno, em especial idosos e crianças, durante o período de safra. Salientando que, a colheita mecanizada reduz a quantidade de cortadores de cana, conserva o solo e os recursos hídricos e evita impactos ao meio ambiente pela queimada (EVOLUÇÃO, Nova Cana. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: outubro 2017).

Em função desses fatores a colheita mecanizada vem tomando lugar de destaque na área sucroalcooleira, porém há alguns inconvenientes que devem ser observados e resolvidos. Como exemplos podem ser citados que o corte da cana não é feito exatamente na base do colmo (parte da planta onde existe uma boa concentração de sacarose) devido à declividade dos terrenos e à falta de adequação das máquinas, há uma perda considerável de matéria-prima pelo pisoteio das máquinas e essas máquinas acarretam em uma maior compactação do solo, prejudicando, posteriormente o plantio da cultura (EVOLUÇÃO, Nova Cana. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: outubro 2017).

Devido ao que foi citado, é necessário buscar novas práticas que sejam, economicamente e ambientalmente, viáveis. Conforme Oliveira (2000), o setor sucroalcooleiro vem buscando estratégias para sobressair às diferentes situações que tem se apresentado, entre elas está a substituição do corte da cana queimada pelo corte mecanizado da cana crua.

Nesse intuito este trabalho visa esclarecer as vantagens e desvantagens de cada tipo de colheita apresentadas atualmente, bem como a influência de suas impurezas levadas junto com a matéria-prima até a indústria.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento das impurezas vegetais e minerais que o corte da cana crua ou queimada carregam até as indústrias sucroalcooleiras, avaliando as consequências para o processo produtivo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar através da literatura quais impurezas presentes na cana a partir dos tipos de colheita;
- Coletar dados reais de quantidade de impurezas em Usina produtora de açúcar e álcool da Paraíba conforme sua colheita no período de safra;
- Fazer comparativo entre os dados da literatura e os dados reais obtidos;

- Avaliar, ao final, as vantagens e desvantagens que cada tipo de colheita traz, utilizando como critérios os custos com transporte e pagamento da cana.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização deste estudo inicialmente foi feito um levantamento da literatura relacionado com a interferência das impurezas minerais e vegetais contidas na cana de açúcar com o corte manual e mecanizado para obter dados e a partir destes, avaliar os fatores interferentes que influenciam o processamento e o rendimento industrial na indústria sucroalcooleira.2.1 Colheita da cana-de-açúcar.

À escolha da colheita da cana-de-açúcar implica em vários aspectos na produção e no solo, influenciando, por exemplo, na poluição do meio ambiente, na qualidade do solo, rendimento industrial e na saúde da população.

A colheita pode ser realizada através de colheitadeira, denominada colheita mecanizada e/ou de forma manual.

Na colheita manual é realizada a queima do canavial, que tem como objetivo a diminuição da impureza vegetal e aumento no rendimento do corte, facilitando e agilizando o trabalho dos cortadores de cana (RIBEIRO, BLUMER, HORII, 1999). A colheita da cana queimada gera algumas consequências como o aumento do gás carbônico na atmosfera e diminuição da matéria orgânica no canavial (SOUZA *et al.*, 2005).

A colheita mecanizada ocorre com a cana crua, a colhedeira, máquina usada para esse trabalho, com uma altura regulada de acordo com a matéria prima a ser colhida, corta a cana e a transforma em toletes(pedaços) em seguida a joga para dentro dos caminhões transportadores, e deixa as folhas e pontas no canavial. Uma grande vantagem é na redução da mão de obra durante a colheita porque a colheitadeira equivale ao trabalho de oitenta a cem homens, logo reduz os custos com essa etapa do processo, além de prevenir impactos ao meio ambiente (EVOLUÇÃO, Nova Cana. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: outubro 2017).

Na colheita mecanizada são lançados no solo, folhas, colmos, bainhas e ponteiros que, apesar de formar uma cobertura vegetal contribui para a conservação, mas também gera dificuldades no cultivo, adubação e controle de plantas daninhas, aumentando as pragas sobre a palha, dificultando a brotação da nova planta (SOUZA *et al.*, 2005). Esse tipo de colheita provoca a compactação superficial do solo pelo aumento do tráfego de máquinas e veículos de

transbordo, ou seja, aumento da densidade do solo até a profundidade de 0,40 m e redução de sua porosidade total, a qual poderá restringir o rendimento radicular das culturas (VASCONCELOS, 2002 *apud* SOUZA *et al.*, 2005).

Estudando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob os dois sistemas de colheita, crua mecanizada e queimada manual, verificou-se que a alteração do sistema de colheita da cana queimada manual para cana crua mecanizada reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de matéria orgânica no solo (VASCONCELOS 2002 *apud* SOUZA *et al.*, 2005).

Souza *et al.* (2005) realizam um estudo comparativo sobre as formas de colheita da cana e concluíram que apesar das diferenças entre os sistemas, ambos alteraram os atributos físicos do solo até a profundidade de 0,30 m, mas há a incorporação da palha, após a colheita mecanizada, melhorando a porosidade do solo.

A colheita mecanizada arrasta impurezas vegetais e minerais que influenciam na qualidade do produto final, entretanto, as impurezas minerais causam desgaste nos equipamentos por abrasão e os valores encontrados são de 0,3 a 0,6% kg/ t. A impureza vegetal traz menor eficiência na extração e menor peso de carga, em valores aceitáveis de 3 a 7%, sendo 7% um valor considerado alto (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, (2010).

A mecanização da colheita da cana-de-açúcar crua, gera várias especulações e preocupações, pois evita queimadas, diminui a emissão de CO₂ para a atmosfera, mas também traz problemas como impurezas vegetais na matéria prima, redução significativa do teor de sacarose da cana processada e maior desgaste nos equipamentos. Se não houver a separação da matéria vegetal e retirada dos pedaços da cana, as perdas podem ultrapassar 15%, aumentando os gastos na produção e custos com o transporte.

Com a colheita mecanizada 20% da palha permanece com a cana e 80% é deixada no solo, representando 14% da produção da cana, 140kg/ t cana, que pode ser enfardada no canavial para gerar eletricidade (FIGUERUT, PAES, 2014).

O corte mecânico vem crescendo devido aos fatores ambientais, pois tem a vantagem da colheita crua, não prejudicando o meio ambiente e a população com a queima. Também se destaca em seus aspectos econômicos que apesar do elevado custo da implantação do maquinário, instrução de utilização das colhedeiras o seu rendimento é muito maior, chega a ser em média 45 a 50 t/h. Essa cana é cortada em pedaços que devem ser encaminhados o mais rápido possível para a indústria, pois tem maior exposição e deterioração (RIBEIRO, BLUMER, HORII, 1999).

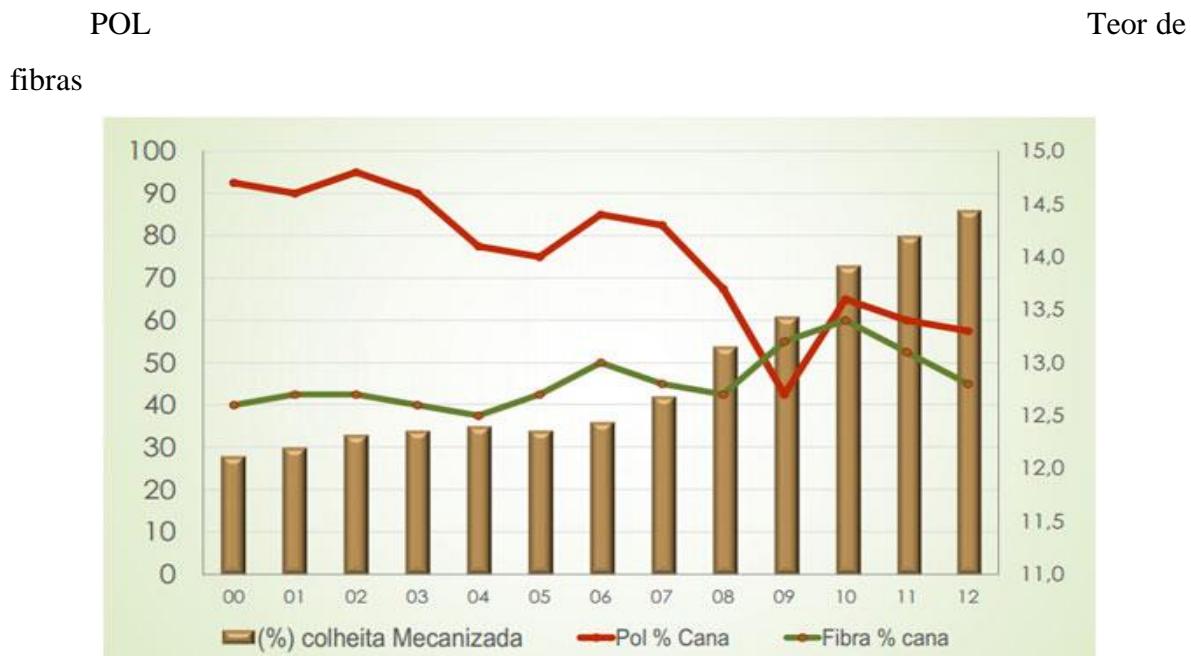
O estudo das impurezas e perda de matéria prima na colheita mecanizada, realizada por Benedini, Brod, e Perticarrari, (2010) quantificou e analisou as perdas por amostragem de aproximadamente dez pontos aleatórios por área liberada de colheita e uma amostragem que não ultrapassou três hectares Para a quantificação das perdas calculadas (t/ha) foi utilizada a Equação 1 que adota a área de 10 m², com espaçamento de 1,5m entre as linhas de cana.

$$Perdas\% = \frac{perdas\ no\ campo\ (t/ha)}{produtividade\ canavial\ (\frac{t}{ha}) + perdas\ no\ campo\ (\frac{t}{ha})} \quad (1)$$

A amostra coletada é dividida e pesada, separando-se em cana inteira (pedaço de cana igual ou maior que 2/3 do tamanho normal), pedaços de cana (os que não se encaixam nas outras definições), lascas (fragmentos de cana dilacerados), toletes, tocos (pedaços de cana presos menor que 20cm), e cana ponta (cana agregada ao ponteiro). As perdas são quantificadas a partir de cada coleta, considerando-se as características do terreno e da cana, e as variáveis que possam influenciar nos resultados (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2010).

A Figura 1, retrata a evolução da colheita mecanizada na região Centro Sul, com informações sobre o percentual de colheita mecanizada e os percentuais de Pol (teor de sacarose aparente) e fibras de cana (GOUVEIA, 2014).

Figura 1-Histórico da qualidade de matéria prima e a evolução da colheita mecanizada no Centro Sul (%)



Fonte: MAPA/CTC/IDEA *aput* GOUVEIA, 2014.

O sistema produtivo da cana-de-açúcar sofreu mudanças como o aumento da colheita mecanizada da cana crua, acompanhado da elevação do volume de impurezas vegetais, maior desgaste dos equipamentos e redução significativa do teor de sacarose da cana colhida. Como se pode observar a figura acima retrata essa evolução, com informações sobre o percentual de colheita mecanizada no Centro Sul e os percentuais de pol (sacarose aparente) e fibra de cana (GOUVEIA, 2014).

O sistema de colheita está diretamente ligado ao tipo de impureza. Na cana queimada há um aumento de cerca de 17% de impurezas minerais em relação ao corte mecanizado (CAMPOS, MARCONATO, 1994 *aput* FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008), esse número se justifica pela aderência da terra ao colmo e da palha aos toletes(exsudação). As impurezas vegetais se apresentam com percentual de 75% a mais no corte mecanizado da cana crua principalmente devido a não-queima e falta de ajustes das máquinas, a colhedeira leva para os caminhões folhas, palhas e ponteiros (ROZEFF, 1996; GODSHALL, 2000 *aput* FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008).

Com a aplicação da colheita manual a cana sofre menos danos e se deteriora menos comparada aos toletes provenientes da colheita mecanizada. Além disso, a colheita mecanizada gera maior quantidade de impurezas na cana e, consequentemente, menor qualidade da matéria-prima. Porém, é importante salientar que no futuro a maior parte das colheitas serão mecanizadas (FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008).

Na colheita manual (cana queimada), a matéria prima deve ser cortada e transportada o quanto antes, pois a queima faz com que a matéria prima sofra a exsudação que é a migração do caldo da planta para sua superfície, causando perda de sacarose e aderência de impureza nos colmos, contribuindo para o aumento da perdas no processo industrial. O corte manual tem rendimento médio de 6 a 8 toneladas de cana\dia, o tempo médio de corte e carregamento é de no mínimo 48 horas, tendo influência negativa da deterioração (RIBEIRO, BLUMER, HORII, 1999).

A queima da cana emite 9kg de CO₂ por tonelada de cana, enquanto sua fotossíntese absorve cerca de 15 toneladas de CO₂ por hectare, se mostrando dessa forma uma cultura eficiente em relação a esse balanço, porém essa absorção é feita no ciclo de crescimento da planta que dura de 12 a 18 meses, enquanto a expedição do CO₂ é feita entre 30 e 60 minutos de uma só vez na atmosfera.

Essa poluição também provoca problemas ambientais como chuva ácida, devido aos compostos nitrogenados oriundos da emissão do óxido nitroso, contamina os rios e solos além de causar problemas de saúde na população próxima aos canaviais. O ozônio é altamente tóxico quando formado na baixa atmosfera, região onde vivemos, prejudica também o crescimento de plantas. Nos seres humanos diminui a resistência do organismo a infecções e causa irritações nos olhos e problemas respiratórios.

A queima também diminui a fertilidade do solo devido a elevada temperatura durante a queima, chegando a mais de 100°C e profundidade de 15 cm, aumenta o uso de herbicidas para controle de ervas daninhas que se desenvolvem rapidamente após a queimada contribuindo para o processo de erosão do solo pela falta de cobertura vegetal, porém facilita o corte e preparo do solo e cultivo (ANTUNE, AZANIA, AZANIA, 2012).

2.2 Influência da colheita nos tipos de impurezas da cana-de-açúcar

As perdas decorrentes da colheita consideradas invisíveis (FIGURA 2), que assim se denominam pelo fato destas serem difíceis de serem identificadas e principalmente quantificadas no campo, podendo ser consideradas por exemplo, serragem e estilhaços das máquinas. E as visíveis que são as canas jogados para fora do caminhão, necessitando, portanto, de ajustes periódicos nas máquinas colhedeiras de acordo com as características da cana, bem como a realização de treinamentos com os operadores para que se diminuam as perdas (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2010).

A Figura 2 ilustra as perdas invisíveis na forma de caldo (a), serragem (b) e estilhaços (c).

Figura 2 – Perdas invisíveis na forma de caldo, serragem e estilhaços



Fonte: BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2010.

O ideal para uma melhor produtividade seriam cargas com cana limpa, fresca e madura, mas a realidade nas usinas são cargas com impurezas influenciando no peso da carga e qualidade, gerando perdas econômicas (FIGUERUT, PAES, 2014).

Das cargas entregues nas usinas a cada 1% de palha na carga ocorre a redução de 2,3% na moagem, 3,1% na capacidade do difusor, 0,1% na extração, 0,3% na pureza do caldo e 0,25% unidade de Pol de cana (%) (GOUVEIA, 2014). As folhas além de não trazerem açúcares prejudicam o bagaço enviado para a caldeira, diminuindo o rendimento e causando danos nas tubulações. Além de todos esses danos, essas impurezas são pagas como matéria prima (LEGENDRE; IRVINE, 1975; YATES *apud* FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008).

Gouveia, (2014) avaliou o uso da palha e vegetais recolhidos após a colheita da cana para serem utilizados como biomassa para geração de energia e produção de etanol 2G que é

um biocombustível gerado a partir da matéria prima principal, no caso a cana-de-açúcar, sendo importante analisar o volume de produção da cana e da palha, frota utilizada, distância a ser percorrida e umidade da palha para poder tomar uma decisão correta sobre o destino e aproveitamento desses resíduos. Também foi observado que a umidade da palha e a eficiência da limpeza a seco influenciam diretamente no rendimento.

Como o objetivo da agroindústria é ser rentável e sabe-se que se perde muito moendo algo que não é cana, danificando e reduzindo a vida útil dos equipamentos, prejudicando o andamento de todo processo, um dos principais fatores para um bom funcionamento industrial é a qualidade da matéria prima, sendo importante observar fatores extrínseco relacionados aos colmos da planta e os intrínsecos produzidos por micro-organismos (FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008).

Quanto menor o número de impurezas e melhor qualidade da matéria prima, tem-se melhor resultados de °Brix, Pol, cinzas e açúcares redutores, melhorando o rendimento e contribuindo para a diminuição de manutenções nos equipamentos na safra, além disso as impurezas vegetais adicionadas junto com a cana representam perda de extração e aumento nos resíduos finais. É comum existir o sistema de lavagem com água (cana inteira) e/ou a seco (cana picada) onde há diminuição das impurezas. O alto índice de impureza mineral vindo das canas queimadas prejudica as facas e martelos, pelas terras, areias e pedras ou pedriscos resistentes à limpeza (BRASSOLATTI *et al.*, 2016).

2.3 Recebimento da cana de açúcar na Indústria

O sistema de pagamento de cana em uso estimula o produtor independente de cana a entregar a matéria-prima em boas condições, havendo penalidades ou recompensas segundo a qualidade da cana entregue na usina. A forma como ele é conduzido direciona o pagamento a ser realizado pelo maior teor de sacarose da cana sendo influenciado pelas impurezas e açúcares redutores presentes.

O Sistema CONSECANA é o atual responsável pelo pagamento da cana-de-açúcar o qual foi desenvolvido pela UNICA (representante das usinas), e a ORPLANA (representante dos fornecedores). Este sistema leva em conta a quantidade e a qualidade da cana (tonelada por hectare e docura da cana), ou seja, o pagamento leva em consideração as toneladas de cana-de-açúcar produzidas junto com os quilos de ATR (Açúcar Total Recuperado) presentes na cana-de-açúcar.

O Sistema CONSECANA levanta todo o faturamento de açúcar e álcool (de todos os tipos de produtos e comercialização, para o mercado interno ou externo) para valorização do Kg de ATR, que é publicado todo mês da safra pelo Circular CONSECANA. Com isso o produtor já consegue valorizar sua cana, através do valor do kg de ATR (COMO. Nova Cana Disponível em: <<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/>>. Acesso em: outubro de 2017).

2.4 Classificação da quantificação das impurezas

As Tabelas 1 e 2 mostram os valores médios de impurezas na safra 2011 a 2013 e as impurezas minerais e vegetais, respectivamente (FIGUERUT, PAES, 2014).

Tabela 1 – Valores médios das impurezas na SAFRA 2011 a 2013 (em %)

Tipo de colheita	Impurezas vegetais (%)	Impurezas minerais (%)
Mecanizada crua	7,5	1,2
Mecanizada queimada	6,0	1,4
Manual queimada	6,4	1,6

Fonte: (BENCHMARKING apud FIGUERUT, PAES, 2014).

Tabela 2 – Classificação do percentual de impurezas provenientes da colheita e da matéria-prima.

Classificação	% Impurezas minerais	% Impureza vegetais
Baixa	<0,7%	<3,5%
Média	0,7 A 1,20%	3,5 a 6,0%
Alta	<1,20%	<6,0%

Fonte: (BENCHMARKING apud FIGUERUT, PAES, 2014).

De acordo com as especificações apresentadas, os resultados apresentados em todas as formas de colheita e para os dois tipos de impurezas, estão no nível alto de classificação, podendo concluir que um elevado nível de impureza está sendo transportado e recebido na indústria sucroalcooleira como matéria prima, causando prejuízo à indústria.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com referência aos dados da literatura sobre os cortes da cana manual e mecanizado, associando-os às impurezas vegetais e minerais trazida juntamente com a matéria-prima e suas consequências operacionais e econômicas. Em seguida foram utilizados dados reais de uma indústria produtora de etanol, situada no Estado da Paraíba, visando comparar os dados obtidos com a literatura, quantificar o valor comercial atribuído à cana recebida por colheita manual e mecanizada avaliando as perdas decorrentes das impurezas vegetais e minerais.

Os dados reais sobre as impurezas vegetais e minerais obtidos em uma usina correspondem a um período de 24 horas e foram obtidos por uma usina no Estado da Paraíba.

3.1 Métodos de colheita da cana-de-açúcar

No setor sucroalcooleiro vem crescendo a necessidade da substituição da colheita da cana queimada para a colheita da cana crua com o sistema mecanizado devido ao seu alto impacto ambiental, mas alguns estudos mostram que na colheita mecanizada existem perdas de matéria no canavial durante o carrego, ficando o restante no campo devido a colhedora não se adaptar à declividade dos terrenos, como também há o aumento das impurezas vegetais (palhas, ponteiros, folhas verde), trazidas para o processo, causando diminuição da eficiência da caldeira, dificuldades na recuperação do açúcar e problemas na fermentação alcóolica, como também maior desgaste nos equipamentos (BRASSOLATTI et al, 2016).

Os dados da Tabela 3 são referentes ao tipos de colheita da cana-de-açúcar, relacionados a evolução da mecanização agrícola obtidos na literatura (EVOLUÇÃO, Nova Cana. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: outubro 2017).

Tabela 3- Evolução da mecanização agrícola da colheita da cana de açúcar no Centro-Sul (%).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Colheita mecânica-própria	34,7	36,7	42,8	53,4	60,1	72,8	79,2	85,1
Colheita crua-própria	21,0	25,1	29,9	38,2	42,9	52,5	66,3	73,8
Colheita queimada-própria	13,7	11,6	12,9	15,2	17,1	20,3	13,0	10,8
Colheita manual-própria	65,3	63,3	57,2	46,6	39,9	27,2	20,8	14,9
Plantio mecânico-própria	-	-	8,9	24,8	32,6	25,1	47,8	59,6

Fonte: EVOLUÇÃO (2013), modificada pelo autor.

A Tabela 3 foi utilizada para avaliar a expansão da mecanização agrícola na colheita da cana-de-açúcar, em percentual, durante o período de 2005 a 2012 na região Centro-Sul do Brasil, onde se pode ver claramente tanto o aumento da colheita como do plantio mecanizado, ao mesmo tempo a queda da colheita manual (EVOLUÇÃO, Nova Cana. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: outubro 2017).

3.2 Recebimento da cana e coleta das amostras na usina

As toneladas de cana são medidas pelas balanças, as quais são aferidas por órgãos regulamentadores e inspecionadas por um representante dos fornecedores de cana. As balanças ficam na entrada da usina e os dados referentes às amostras de cana recebidas são anotados no sistema de quantificação do pagamento de cana.

3.2.1 Metodologia de amostragem no recebimento da cana

Conforme Caldas (2012), as coletas das amostras de cana nos caminhões foram realizadas através de perfuração da carga, por sonda amostradora mecânica horizontal ou oblíqua, devendo estas estar situadas após a balança de pesagem rodoviária, obedecendo aos seguintes critérios:

1. Na sonda amostradora mecânica horizontal são retiradas amostras aleatórias simples em 03 (três) pontos diferentes do carregamento, definidos por sorteio, que não podem ter por coincidência o alinhamento vertical e/ou horizontal;
2. Na sonda amostradora mecânica oblíqua serão retiradas até 02 (duas) amostras de um mesmo local da carga. A posição dos furos é determinada no sorteio e não pode ser desobedecida;
3. O peso da amostra composta não poderá ser inferior a 10 kg (dez quilogramas);
4. Avaliar diariamente a coroa dentada da sonda. Quando esta apresentar baixa eficiência de corte (esmagamento da amostra) deverá ser substituída ou receber manutenção.
5. A amostra coletada tem um prazo máximo de 06 (seis) horas para ser desintegrada na forrageira. Decorrido este tempo a amostra deverá ser desprezada (CALDAS, 2012).

3.2.2 Análises realizadas na cana recebida na usina – Laboratório de pagamento de cana

O responsável pelas análises no laboratório ao receber a amostra da cana-de-açúcar realiza as análises descritas na Tabela 4, utilizando as metodologias específicas da área sucroalcooleira (CALDAS, 2012).

Tabela 4 – Análises físico-químicas realizadas no recebimento da cana e suas metodologias.

Análises físico-químicas	MÉTODOS
Matéria estranha - peneiramento	Anotar as informações referente ao carregamento da cana (local, tipo de cana); Amostrar o caminhão de acordo com o sistema de pagamento de cana; Transferir todo o material coletado para uma superfície limpa e homogeneizar manualmente; Pesar toda a amostra em balança do tipo Filizola. Anotar o peso total da amostra (PTA) no formulário, expresso em gramas; Transferir a amostra para uma lona preta e separar a cana “limpa” das impurezas mineral e vegetal; Com auxílio de uma escova de nylon, limpar os toletes de cana separados. O material mineral e vegetal separado da “cana limpa” deverá ser peneirado em uma peneira com 2mm de abertura. O material peneirado, corresponde a parcela mineral e a parcela retida corresponde à matéria estranha vegetal; Ambos os materiais, mineral e vegetal, devem ser pesados e seus pesos anotados no formulário. Para efeito de cálculo considerar: parcela mineral úmida de (PMU), parcela vegetal de (PV). Estes pesos somados fornecem o peso total de matéria estranha (PTME), e devem ser expressos em gramas; Pesa o material vegetal (palhas) e descartar, enquanto o material mineral utilizar para determinar a umidade ou calcinar para determinar as cinzas (impurezas minerais).
PBU (peso de bolo úmido)	Passar a amostra na forrageira para desintegrar; Retirar 500g da amostra; Colocar na prensa hidráulica a 250Kgf por 1 min; Pesar o bagaço residual. Analisar o caldo extraído.
Pol % Caldo	Utilizar 200,0 mL de caldo, adicionar 8,0 g de Octapol (clarificante) e agitar até completa homogeneização. Filtrar, em papel de filtro quantitativo, desprezar os primeiros 10,0 ml da amostra e coletar o restante para realizar a leitura sacarimétrica (Sacarímetro <i>Bellingham Stanley</i>). Calcular a Pol %, utilizando a Equação (1): $\text{Pol\%} \quad \text{caldo} = \text{Ls} \times \text{Ft} \times \text{Fp} \quad (1)$ <p>Onde: Ls: Leitura sacarimétrica da amostra Ft: Fator de correção da temperatura (tabelado) Fp: Fator de polarização (tabelado).</p>
°Brix	Determinar a porcentagem de sólidos solúveis totais em solução em refratômetro. Utilizar 50 mL do caldo filtrado, adicionar algumas gotas nos prismas do refratômetro devidamente limpos e realizar a leitura.
Pureza do caldo % fibras	$\text{Pz} = (\text{Pol\%}/\text{Brix}).100\% \quad (2)$ $\% \quad \text{fibras} = (0,08.\text{PBU}) + 0,876 \quad (3)$

Fonte: Autor, 2017

Os valores médios das análises físico-químicas foram considerados para a quantificação do pagamento da cana, pois as análises não foram o objetivo deste estudo e estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios das análises físico-químicas realizadas no recebimento da cana.

Análises físico-químicas	Valores médios
Matéria estranha - mineral	Tabelas 2 e 3
Matéria estranha - vegetal	Tabelas 2 e 3
PBU (peso de bolo úmido)	202,8
Leitura da Pol	64,18
Pol % Caldo	15,58
°Brix	18,0
Pureza do caldo	86,54
% fibras	17,10
AR%	0,5653
ATR	121,21

Fonte: Autor, 2017

3.2.3 Quantificação do pagamento da cana recebida

O pagamento da cana foi quantificado, utilizando as equações e os coeficientes determinados pela ASPLAN - PB (Associação dos Plantadores de pana da Paraíba), órgão que regulamenta e fiscaliza o pagamento da cana no estado, e estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Fatores utilizados na quantificação do pagamento de cana.

Fatores quantificados	Equações	
Pol do caldo extraído (Pex)	$Pex=(0,2605-(0,0009882*Brix))*Leitura\ da\ Pol$	(4)
Pol da cana corrigido (PCC)	$PCC=1,00621*(Leitura\ da\ Pol+0,05117)$	(5)
Fator de transformação da Pol do caldo extraído para Pol do caldo absoluto (CS)	$CS=1,0313-(0,00575*%fibra)$	(6)
Pol % da cana corrigido (PC%)	$PC\% = Pex * (1 - 0,01 * \%fibra) * CS$	(7)
AR% cana	$AR\% \ cana = (3,641 - (0,0343 * Pureza\%)) * (1 - (0,01 * \%fibra) * (1,0313 - (0,00575 * \%fibra)))$	(8)
ART (Açúcares Totais Recuperáveis)	$ART = (9,6316 * \%PC) + (9,15 * \%AR)$	(9)
R\$/ kgART (22/09/2017)	0,7015	(10)

Fonte: Autor, 2017

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Impurezas vegetais e minerais no recebimento da cana na usina

As impurezas podem ser de origem vegetal ou mineral essas são provenientes do campo, como: areia e pedras e as vegetais são decorrentes da própria planta como folhas, palmitos e ervas daninhas (FIGUEIREDO, MACIEL, MARQUES, 2008 et al BOVI; SERRA, 2001; EGGLESTON *et al.* 2001).

Os principais impactos das impurezas: perda de capacidade de moagem e extração, aumento do consumo de energia no preparo da cana, desgaste de equipamentos, dificuldade no tratamento do caldo, dificuldade na fabricação de açúcar de qualidade, redução do rendimento da fermentação, problemas operacionais na caldeira, redução de densidade da carga e aumento de custos do transporte (FIGUERUT, PAES, 2014).

As Tabela 7 e 8 ilustram os dados referente às impurezas vegetais e minerais, contidas na cana recebida na usina em 24 horas, relacionadas com os tipos de colheitas manual e mecanizada respectivamente.

Tabela 7: Dados de impurezas vegetais obtidas durante o recebimento da cana na usina.

Cana crua (colheita mecanizada)					Cana queimada (colheita manual)					Diferença entre colheita mecanizada e manual
Cana recebida (T)	Impurezas vegetais (Kg\Tc)	Total de impureza (kg) (Carga total)	Impurezas vegetais (%) Carga total	Cana recebida (Ton)	Impurezas vegetais (kg\Tc)	Total de impurezas vegetais (Kg) (Carga total)	Impurezas vegetais (%) Carga total			
17,30	11,54	199,64	1,15	15,96	7,76	123,85	0,78	32,76		
16,51	12,14	200,43	1,21	14,95	8,88	132,76	0,89	26,85		
33,01	17,25	569,49	1,73	15,74	6,07	95,54	0,61	64,81		
29,26	18,16	531,36	1,82	22,9	11,19	256,25	1,12	38,38		
26,11	11,12	290,34	1,11	19,18	6,31	121,03	0,63	43,26		
29,30	18,01	527,69	1,80	86,62	8,25	714,62	0,83	54,19		
35,93	9,26	332,71	0,93	16,46	6,97	114,73	0,70	24,73		
16,52	12,14	200,55	1,21	19,19	6,58	126,27	0,66	45,80		
16,77	10,45	175,25	1,05	19,68	7,3	143,66	0,73	30,14		
16,43	13,53	222,30	1,35	15,16	9,86	149,48	0,99	27,12		
15,04	9,96	149,80	1,00	33,06	9,71	321,01	0,97	2,51		
17,35	8,61	149,38	0,86	32,96	14,88	490,44	1,49	-72,82		
18,10	10,29	186,25	1,03	28,34	17,86	506,15	1,79	-73,57		
19,50	6,87	133,97	0,69	16,82	15,11	254,15	1,51	-119,94		
17,35	8,61	149,38	0,86	18,45	8,22	151,66	0,82	4,53		
18,94	14,20	268,95	1,42	17,64	4,58	80,79	0,46	67,75		
18,99	14,14	268,52	1,41	14,76	6,95	102,58	0,70	50,85		
17,37	6,67	115,86	0,67	19,36	9,71	187,99	0,97	-45,58		
16,42	8,87	145,65	0,89	19,31	8,35	161,24	0,84	5,86		
15,37	13,22	203,19	1,32	14,91	9,55	142,39	0,96	27,76		
Total Dia	411,57	235,04	5.020,71	23,50	461,45	184,09	4.376,58	0,95	95,96	

Fonte: Autor (2017)

Tabela 8: Dados de impurezas minerais obtidas durante o recebimento da cana na usina.

	Cana crua (colheita mecanizada)				Cana queimada (colheita manual)				Diferença entre colheita manual e mecanizada
	Cana recebida (Ton)	Impurezas minerais (Kg\Tc)	Total de impureza minerais(Kg) (Carga total)	Impurezas minerais (%) (Carga total)	Ton cana recebida (Ton)	Impurezas minerais (Kg\Tc)	Total de impureza minerais(Kg) (Carga total)	Impurezas minerais (%) Carga total	
94,29	12,00	1.131,48	1,20	33,31	10,00	333,10	1,00	-20,00	
68,70	7,75	532,39	0,78	19,42	8,00	155,36	0,80	3,13	
31,47	3,04	95,67	0,30	62,00	34,00	2.108,00	3,40	91,06	
56,40	5,38	303,41	0,54	20,64	10,00	206,40	1,00	46,20	
71,52	10,00	715,15	1,00	32,16	14,00	450,24	1,40	28,57	
60,34	4,00	241,34	0,40	17,77	34,00	604,18	3,40	88,24	
17,88	12,00	214,56	1,20	49,58	8,00	396,64	0,80	-50,00	
17,15	24,00	411,60	2,40	51,87	15,30	793,61	1,53	-56,86	
57,98	4,15	240,60	0,42	69,52	10,00	695,20	1,00	58,50	
59,26	6,22	368,60	0,62	34,81	26,00	905,06	2,60	76,08	
38,45	5,71	219,55	0,57	41,54	14,00	581,56	1,40	59,21	
52,56	4,00	210,24	0,40	13,57	9,00	122,13	0,90	55,56	
33,92	7,00	237,44	0,70	49,32	9,00	443,88	0,90	22,22	
15,47	7,00	108,29	0,70	57,87	15,36	888,88	1,54	54,43	
95,18	7,00	666,26	0,70	168,16	13,79	2.318,93	1,38	49,24	
48,52	2,00	97,04	0,20	14,81	10,00	148,10	1,00	80,00	
29,14	8,00	233,12	0,80	55,17	18,00	992,97	1,80	55,56	
33,47	10,00	334,70	1,00	47,86	22,00	1.052,92	2,20	54,55	
49,40	3,28	162,03	0,33	18,62	18,00	335,16	1,80	81,78	
74,30	12,00	891,60	1,20	85,74	24,00	2.057,76	2,40	50,00	
Total Dia	1.005,38	154,53	7.415,07	0,74	943,74	322,45	15.590,08	1,65	55,35

Fonte: Autor (2017)

Como pode ser verificado no recebimento da cana desta usina (Tabelas 7) a relação das impurezas vegetais entre os dois tipos de colheitas analisadas, se apresentou predominantemente maior (média diária 22,25%) para a colheita mecanizada com valor máximo de 67,75% e mínimos de -119,94%, este sendo um valor pontual diante dos demais

dados determinados, confirmando o que foi citado por Ribeiro, Blumer e Horii (1999). Esses dados mostram a vantagem da colheita manual sobre a mecanizada com relação a impurezas vegetais, onde com a queima se elimina grande parte da impureza vegetal e no sistema mecanizado grande parte segue para a indústria, atrapalhando e prejudicando o processo industrial.

Analisando a Tabela 8 podemos verificar que foram obtidos valores superiores para as impurezas minerais com a colheita manual em relação a mecanizada (91,06 a -56,86%) com valor médio de (55,35%). Isto pode ser justificado, pois com a queima ocorre a transferência do líquido contido na planta para a sua superfície da planta, fazendo com que as impurezas se agreguem a planta. Esse aumento também ocorre pelo fato das canas cortadas manualmente ficarem acumuladas no chão onde são coletadas pelas carregadeiras para abastecer os caminhões, carregando as impurezas minerais. Essas impurezas arrastadas aumentam os custos de transporte da matéria-prima e causa danos aos equipamentos por abrasão. É importante salientar que na colheita mecanizada a cana colhida não tem contato com o solo, pois é imediatamente conduzida para os caminhões, mas as perdas ocorrem, pois o corte deixa um percentual importante do colmo no campo o qual contém um percentual considerável de sacarose, aumentando as perdas.

Também foi possível observar que em ambos os tipos de colheitas, os trabalhadores que conduzem as máquinas que recolhem a cana tem grande influência nesses resultados, tendo em vista que a forma com que as conduzem, aumenta ou diminui o percentual de impurezas. Com ciência disso várias indústrias de açúcar e álcool tem adotado o projeto cana limpa, que se trata da reeducação para os trabalhadores onde a redução das impurezas recolhidas no terreno, acarreta em uma bonificação pela evolução e comprometimento com a melhoria dos resultados.

4.2 Quantificação do pagamento de cana e das perdas decorrentes das impurezas vegetais e minerais no recebimento da cana na usina

A previsão do pagamento de cana e do valor pago pelas impurezas conforme o tipo de colheita (mecanizada ou manual) foram quantificadas utilizando as equações e o preço (R\$)/kg os valores de referência constantes na Tabela 6 e, ainda, os valores totais dia da Tabela 7. Os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9- Previsão do pagamento de cana e do valor pago pelas impurezas por colheita mecanizada e manual

ATR					
	Massa	(valor	R\$/kg		
Carregamento recebido na usina (24h)	de	médio	ATR (set/	ATR.(R\$/kg ATR total)	
	cana(T)	da	2017)		
		cana) ¹			
Cana crua (colheita mecanizada)	Cana recebida +impureza vegetais (T)	411,57	121,21	0,7015	R\$34.997,0280
	Impurezas vegetais (T)	96,74	121,21	0,7015	R\$8.225,7015
Cana crua (colheita manual)	Cana recebida +impureza vegetais (T)	461,45	121,21	0,7015	R\$39.238,0923
	Perdas (impurezas vegetais) (T)	84,95	121,21	0,7015	R\$7.223,3404
Cana crua (colheita mecanizada)	Cana recebida +impureza minerais (T)	1.005,38	121,21	0,7015	R\$85.489,5524
	Perdas (impurezas minerais) (T)	155,36	121,21	0,7015	R\$13.210,7005
Cana crua (colheita manual)	Cana recebida +impureza minerais (T)	943,74	121,21	0,7015	R\$80.247,8297
	Perdas (impurezas minerais) (T)	304,31	121,21	0,7015	R\$25.875,9127
Total de ATR real pago (24h)					R\$239.972,5024
Total de ATR pago R\$ pelas impurezas recebidas (24h)					R\$54.535,6551

Fonte: Autor (2017)

Avaliando a Tabela 9 se quantifica que o percentual de ATR pago em reais referente às impurezas totais (vegetais e minerais) da colheita mecanizada corresponde a 17,8% enquanto na colheita manual corresponde a 27,7%, demonstrando assim que a colheita mecanizada apresenta maior viabilidade econômica, embora necessite de tecnologias para ser aperfeiçoada, visando a redução dessas perdas e otimizando as condições de processamento.

5.0 CONCLUSÃO

A colheita da cana-de-açúcar está em evolução, do sistema de cana queimada e cortada manualmente nos canaviais para o de colheita da cana crua e picada feita pelas colheitadeiras.

Ciente da importância da colheita e transporte eficiente da cana de açúcar, tem-se intensificado pesquisas tecnológicas para um melhor processamento e rendimento desta etapa.

Através desse estudo foi possível comprovar os dados da literatura relacionados ao teor de impurezas geradas conforme o tipo de colheita, pois o corte mecanizado arrasta maior quantidade de impurezas vegetais do que o corte manual, causando dificuldades na extração, tratamento do caldo em razão do bagacilho arrastado e consequentemente perdas na produção pelo aumento da matéria vegetal transportada, processada e paga junto com a matéria prima.

Quanto ao corte manual as impurezas minerais apresentaram maiores percentuais, isso devido a forma como a cana é recolhida do campo, reduzindo assim o rendimento industrial e causando desgaste aos equipamentos por abrasão. Apesar dos impactos que ocorrem com as queimadas, tem-se a vantagem da eficiente e econômica limpeza da cana, eliminando grande parte de água contida entre as folhas, facilitando e aumentando a produtividade no corte e principalmente contribui significativamente para aumentar a empregabilidade na região.

De forma geral a colheita mecanizada traz menor percentual de impurezas totais para a usina (17,8%), quantificadas pelo ART pago a usina, enquanto a colheita manual traz 27,8%, representando a viabilidade do sistema mecanizado.

Dentre os obstáculos encontrados para a substituição da colheita manual para mecanizada podemos citar: desemprego gerado aos cortadores de cana e trabalhadores rurais, dificuldade de implantação devido à declividade dos terrenos, alta quantidade de cana deixada no campo pelas máquinas na forma de estilhaços ou em partes maiores.

Porém é necessário a busca de um tipo de colheita mais sustentável. Salientando que, com a aplicação do sistema mecanizado ocorrerá a diminuição dos impactos ambientais, além de maior conservação do solo.

Pontos que devem, também, ser levados em consideração na escolha da forma de colher a cana-de-açúcar, é possibilidade de utilizar a palha da cana para gerar energia junto com o bagaço nas caldeiras, além de retardar a renovação do canavial pelo menor desgaste da sua formação. Logo, é necessário o direcionamento de tecnologias para otimização desta forma de colheita, beneficiando o meio ambiente a indústria e o trabalhador rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J.F.G; AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M. Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar. Grupo Cultivar, 2012.

BENEDINE, S.M.; BROD, R.P.F.; PERTICARRARI, G.J. Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. COPLANA, 2010. BRASSOLATTI, T.F.Z.; VIEIRA, R.C.; COSTA, A.B.; BRASSOLATTI, M. Análise do Percentual de Impurezas Vegetais e Minerais Presentes na Cana-de-Açúcar. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus Salto – Salto - SP. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)– São Carlos – SP. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação. IFSP Campus Boituva - Capital Nacional do Paraquedismo, 2016.

COMO é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas. Nova Cana Disponível em: <<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/>>. Acesso em: outubro de 2017.

EVOLUÇÃO do plantio e da colheita mecanizados da cana-de-açúcar. Nova Cana. Disponível em: <<https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>>. Acesso em: outubro de 2017.

FIGUEIREDO, I.C.; MACIEL, B.F.; MARQUES, M.O. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool, 2008.

FINGUERUT, J.; PAES, L.A.D. Impurezas e qualidade da cana-de-açúcar. Centro de Tecnologia Canavieira, 2014.

GOUVEIA, F. Palha e impurezas da colheita mecanizada de cana devem transformar-se em insumo. Grupo de Pesquisas em mudanças climáticas da UNICAMP, 2014.

OLIVEIRA, A.M.S. Perspectivas sobre o setor sucroalcooleiro frente a redução da queimada de cana-de-açúcar, a intensificação do corte mecanizado e a certificação socioambiental, 2000.

RIBEIRO, C.A.F.; BLUMER, S.A.G.; HORII, J. Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira. Universidade de São Paulo; Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de agroindústria, alimentos e nutrição, 1999.

ROCHA, F.L.R. Análise dos fatores de risco do corte manual e mecanizado da cana-de-açúcar no Brasil segundo o referencial de promoção da saúde. Universidade de São Paulo; Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, 2013.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARINI, L.G. Sistema de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. EMBRAPA. Universidade Estadual Paulista, Fac. de Ciências Agrárias e Veterinárias, Dep. de Solos e Adubos. Usina Santa Adélia, Jaboticabal, SP, 2005.

VIEIRA, A.C.M.; LIMA, F.J.; BRAGA, M.N.; Setor sucroalcooleiro brasileiro: Evolução e Perspectivas. DEAGRO, BNDES, 2007.