



**Universidade Federal da Paraíba**  
**Centro de Tecnologia em Desenvolvimento Regional**  
**Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira**



## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL  
SOBRE A EFICIÊNCIA GERAL INDUSTRIAL E TEÓRICA DA  
FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA**

Paulo Henrique de Souza Costa

Orientador

Pablo Nogueira Teles Moreira

João Pessoa-PB

2019

# **PAULO HENRIQUE DE SOUZA COSTA**

## **Paulo Henrique de Souza Costa**

Trabalho de Conclusão do Curso do Curso Superior 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 (a): Pablo Nogueira Teles  
Moreira

João Pessoa, PB

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

C837i Costa, Paulo Henrique de Souza.  
INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL SOBRE A EFICIÊNCIA  
GERAL INDUSTRIAL E TEÓRICA DA FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO  
DE CACHAÇA / Paulo Henrique de Souza Costa. - João  
Pessoa, 2019.  
46 f. : il.

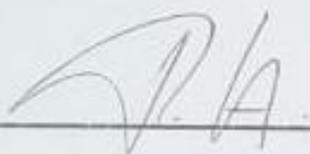
Orientação: Pablo Nogueira Teles Moreira Moreira.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. matéria estranha, cana-de-açúcar, fermentação. I.  
Moreira, Pablo Nogueira Teles Moreira. II. Título.

UFPB/BC

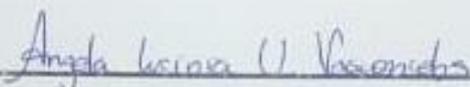
TCC aprovado em 26/09/19 como requisito para a conclusão do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA:**



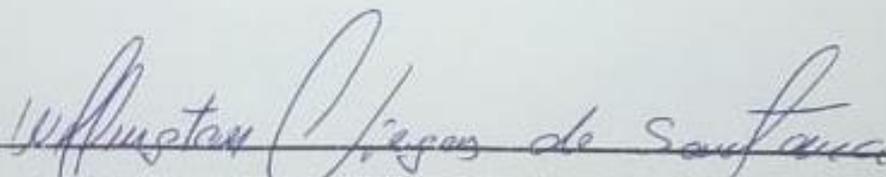
---

PROF. Dr. PABLO NOGUEIRA TELES MOREIRA - (UFPB – Orientador)



---

PROFª. Drª. ANGELA LUCINIA URTIGA VASCONCELOS - (UFPB – Membro interno)



---

BIOL. WELLINGTON VIEGAS DE SANTANA - (Membro externo)

## **DEDICATÓRIA**

A Deus acima de tudo, em memória da minha  
vó que sempre me deu apoio, a minha família  
que sempre torceu por mim, meus amigos a  
quem sempre posso contar, ao meu orientador  
que foi a minha bússola.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus porque sem ele jamais teria chegado aqui, ao meu professor orientador pela paciência na orientação, e incentivos que tornaram possível a chegada neste momento, a minha família sobretudo meus país e esposa, que são a minha base, e meu porto seguro, ao meu orientador de estagio e hoje amigo por ter me ensinado muito sobre a vida industrial, ao meu corpo docente porque sem a dedicação deles jamais teria me tornado um tecnólogo em produção sucroalcooleira, aos meus amigos da universidade e de estagio a quem posso contar, a minha finada avó que sempre me apoiou e deu forças para continuar minha trajetória acadêmica.

## RESUMO

A busca por fontes de energia renováveis vem aumentando a cada ano, portanto várias tecnologias em novos biocombustíveis vêm sendo aprimorados, não é diferente com o etanol e os outros derivados da cana, o aumento na produção de etanol e de cachaça, acaba aumentando a produção de cana, e com o aumento na produção de cana ocorre o aumento da matéria estranha (MET). A matéria estranha é tudo aquilo que entra no processo produtivo, que não colmo, a matéria estranha tem duas origens distintas, pode ser de origem mineral, ou de origem vegetal, o trabalho desenvolvido visa investigar os impactos que a matéria estranha venha a causar na produção de etanol e cachaça, a saída para redução da matéria estranha são as queimadas da palha da cana, porém nos últimos anos legislações ambientais mais rígidas, dificultam tal prática, a saída para tal problemática proposta pelas empresas que desenvolvem equipamentos de colheita, desenvolveram colheitadeiras que prometem cana limpa, na realidade não é isso que acontece, a matéria estranha vegetal vem aumentando muito depois do advento da colheita mecanizada. Sabemos que a matéria estranha agrega ao mosto contaminação, açúcares não fermentescíveis, cor, entre outros. Por outro lado, a palha que entra junto com a cana acaba roubando a sacarose que iria ser transformada em açúcar ou etanol. O presente trabalho foi desenvolvido buscando dados, para estabelecer uma relação entre o percentual de MET e as eficiências geral industrial e teórica da fermentação sobre a produção de cachaça e aguardente. Foram adotados gráficos de regressão polinomial e estimadas as correlações lineares entre o MET e as eficiências, os quais descreveram influência relevantemente antagônica do primeiro sobre o segundo. O MET quando advindo de parcela mineral de saída da planta industrial possui uma influência de até -62% sobre a eficiência teórica da fermentação e de -10,7% sobre a eficiência geral industrial o que significa que a MET impacta não só na fermentação, mas em todo processo industrial. Esse foi um estudo quantitativo de catorze dias dentro do processo produtivo de uma usina fabricante de cachaça e aguardente da Paraíba. O estudo mostrou que as impurezas vegetais impactam muito mais as eficiências industriais, que as impurezas minerais. Fortalecendo a importância do trabalho rotineiro das análises da matéria-prima, em termos das impurezas vegetais, para a tomada de decisões no gerenciamento industrial.

**Palavras-chave:** matéria estranha, cana-de-açúcar, fermentação, etanol, eficiência.

## ABSTRACT

The search for renewable energy sources is increasing every year, so various technologies in new biofuels are being improved, no different with ethanol and other sugarcane derivatives, the increase in ethanol and cachaça production, ends up increasing production. sugarcane production, and with the increase in sugarcane production occurs the increase of foreign matter (MET). Foreign matter is everything that enters the production process, which does not stalk, foreign matter has two distinct origins, it can be of mineral origin, or vegetable origin, the work developed aims to investigate the impacts that foreign matter may have on the production of ethanol and cachaça, the way out to reduce foreign matter is the burning of sugarcane straw, but in the last years stricter environmental legislation, make this practice difficult, the way out for such problematic proposed by companies that develop harvesting equipment, developed harvesters that promise clean sugarcane, this is not really the case, plant foreign matter has been increasing long after the advent of mechanized harvesting. We know that foreign matter adds to the wort contamination, non-fermentable sugars, color, among others. On the other hand, the straw that comes with the cane ends up stealing sucrose that would be transformed into sugar or ethanol. The present work was developed searching data to establish a relationship between the percentage of MET and the general industrial and theoretical fermentation efficiencies on the production of cachaça and brandy. Polynomial regression graphs were adopted and the linear correlations between the MET and the efficiencies were estimated, which described the relevant antagonistic influence of the former on the latter. The MET when coming from mineral output of the industrial plant has an influence of up to -62% on the theoretical fermentation efficiency and -10.7% on the overall industrial efficiency which means that the MET impacts not only on fermentation, but in every industrial process. This was a quantitative study of fourteen days within the production process of a cachaça and brandy production plant in Paraíba. The study showed that plant impurities impact industrial efficiencies much more than mineral impurities. Strengthening the importance of the routine work of raw material analysis, in terms of plant impurities, for decision making in industrial management.

**Keywords:** strange matter, sugar cane, fermentation, ethanol efficiency

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alimentação da esteira de cana com matéria prima de baixa quantidade de impurezas.....	16
Figura 2 - Ilustra a operação de coleta de amostra que vão ser utilizadas para determinação de pagamento da cana.....	17
Figura 3 - Ilustra o processo fermentativo em batelada .....	19
Figura 4 - Ilustra o alambique responsável pela destilação da cachaça e aguardente .....	19
Figura 5 - Ilustra o certificado em número da carga e valores obtidos de MET.....	25
Figura 6 - Ilustra a amostra antes de ser efetuado a análise .....	25
Figura 7 - Ilustra a pesagem da parcela vegetal do MET.....	25
Figura 8 - Gráfico de distribuição de MET (sonda) e EGI na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. .....	36
Figura 9 - Gráfico de distribuição de MET (sonda) e de Eficiência Teórica de fermentação etílica na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. ....	36
Figura 10 - Ilustração da amostragem por sonda, com detalhe para o local de perfuração.....	37
Figura 11 - Gráficos de distribuição de MET (sonda), ART e Massa Específica do mosto, Volume de vinho e °GL do vinho na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. .....	38
Figura 12 - Gráfico de distribuição de MET (processo) e EGI na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. ....	39
Figura 13 - Gráfico de distribuição de MET (processo) e de Eficiência Teórica de fermentação etílica na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. .....	40
Figura 14 - Gráficos de distribuição de MET (sonda), ART e Massa Específica do mosto, Volume de vinho e °GL do vinho na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles. .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição físico-química média das aguardentes.....	21
Tabela 2 - Avaliação qualitativa de indústrias sucroalcooleiras em termos de EGI .....	32
Tabela 3 - Dados de parâmetros da fermentação etílica fornecidos pela usina parceira. ....	34
Tabela 4 - Tabela 4 – Dados de parâmetros de impurezas da matéria-prima de entrada e saída da usina parceira.....	35

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVO .....	14
1.1.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	14
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 MATÉRIAS ESTRANHAS OU SIMILARES NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	15
2.2 PRINCIPAIS MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE MATÉRIA ESTRANHA .....	16
2.3 FERMENTAÇÕES ETÍLICAS PARA CACHAÇA.....	17
2.4 INDICADORES DE QUALIDADE DA FERMENTAÇÃO ETÍLICA DA CACHAÇA .....	20
2.5 RELAÇÕES DA MATÉRIA ESTRANHA E FERMENTAÇÃO ETÍLICA .....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL .....	23
3.2. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	24
3.2.1. . MATÉRIA ESTRANHA.....	24
3.2.2. AMOSTRAGEM .....	24
3.2.3. METODO DE DETERMINAÇÃO POR PENEIRAMENTO .....	26
3.2.4. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO TEOR ETÍLICO NO VINHO LEVURADO.....	29
3.5. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DE FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ETANOL PARA CACHAÇA E COMBUSTÍVEL.....	31
3.6. DETERMINAÇÃO DO GRAU DE CORRELAÇÃO ENTRE M.E.T. E EFICIÊNCIA GLOBAL DE FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ETANOL PARA CACHAÇA E COMBUSTÍVEL.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5 CONCLUSÃO.....	41
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	41
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O início da produção de cana-de-açúcar, no Brasil, ocorreu na região Nordeste por volta de 1533. Segundo Rainer (2019), os portugueses já detinham conhecimento prévio das técnicas de plantio e preparo da cana-de-açúcar. Esse foi um motivo relevante para consolidação da cultura, pois permitiu o desenvolvimento da atividade na América Portuguesa e garantiu o abastecimento dos engenhos de açúcar, até então em instalação. Ainda no período colonial, os processos de colheita se resumiam ao corte manual sem queima e o transporte em carros de boi. Enquanto a moagem era direta e sem lavagem ou qualquer etapa de limpeza. Também não havia preocupação varietal da espécie de cana cultivada e assim a produção nos engenhos era pequena e rudimentar. Passados cinco séculos, veio a substituição dos engenhos centrais por usinas de açúcar, somados aos adventos dos institutos agrônômicos e programas governamentais (IAA e Proálcool), surgiram tecnologias da qualidade da cana Machado F.B.P. (2019). Essas tecnologias, apesar de dominadas nas usinas, alçaram os engenhos coloniais remanescentes limitando-se à produção de aguardente de cana.

Após a segunda metade do século XX, as usinas concentraram sua produção apenas no Etanol Combustível e no Açúcar (e seus variantes), enquanto os engenhos começaram a dividir a produção de aguardente e cachaça com destilarias industriais dessas bebidas. As destilarias industriais, diferentemente dos engenhos, produzem em larga escala e empregam a destilação em colunas de inox. Entre outras, essa diferença se reflete nas características sensoriais da bebida alcoólica. Além disso, existe uma grande diferença entre a matéria-prima processada nos engenhos e a matéria-prima processada nas destilarias industriais, visto que o processamento da cana também depende da variedade de uma espécie ou da variedade do híbrido de espécies.

Embora os pesquisadores não tenham entrado em acordo sobre qual a melhor variedade de cana para se produzir cachaça e aguardente, os produtores rurais com sua vasta experiência na produção agrícola elegeram algumas variedades que podem ser encontradas no Brasil. Um exemplo bastante consolidado é o caso da Paraíba, quarto maior produtor de cachaça do Brasil, cujas variedades mais plantadas são RB86-7515, RB92-579, SP79-1011. Segundo os produtores regionais são as que apresentam melhor desenvolvimento, são bastante resistentes a pragas e toleram bastante o estresse hídrico. Essas características são verdadeiramente relevantes do ponto de vista produtivo, pois ajuda a sustentar o mercado fornecedor da Cachaça e da Aguardente de Cana (VIDAL, GONÇALVES, 2008).

A cachaça bebida genuinamente brasileira é o terceiro destilado mais consumido no mundo segundo Sakai *et al* (2019), trata-se do produto da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar e tem sua origem associada aos escravos negros africanos, porém desde a época do seu descobrimento a cachaça é conhecida como uma bebida de baixo status, quando se comprado a outros destilados. A cachaça é produzida nos engenhos ou destilarias especializadas na sua produção, os estados da Paraíba e Minas Gerais, são os dois maiores produtores artesanais de cachaça no Brasil, ou “cachaça de alambique”, já o estado de São Paulo é o maior produtor de cachaça industrial, conhecida também por “cachaça de coluna”. Ainda segundo Sakai (2019), conforme o Decreto n° 2314, de 4 de setembro de 1997 que regulamenta e padroniza as bebidas alcoólicas, cachaça é oriunda do mosto fermentado e posteriormente destilado da cana-de-açúcar que possui graduação alcoólica de 38 a 48°GL a 20°C.

Alguns pesquisadores como Vian, (2019) afirmam que a qualidade da cana é determinada a partir da quantidade de sacarose, porém hoje sabemos que não é bem assim. A definição da qualidade da cana deve atender a diversos requisitos. Embora não haja variedade de cana que atenda tal diversidade de requisitos, produtores de cachaça elegeram critérios mínimos de qualidade que vão desde o maior rendimento etílico até o maior grau uniformidade produtivo e invariabilidade sensorial no destilado.

Qualidade é uma palavra com muitos significados, porque o que pode ser qualidade para um produto, pode não ter significado para outro. Diferentemente, para o caso, da cana-de-açúcar, a qualidade dessa matéria-prima é definida por regras e parâmetros regulamentados que classificam a cana. O órgão responsável pela elaboração de tais regras e parâmetros, no Brasil, é conhecido por CONSECANA. Trata-se de um órgão que estabelece as regras para se efetuar o pagamento da cana, ou determinar a qualidade da cana produzida em cada estado da federação. A partir de cinco parâmetros, ditos tecnológicos, o CONSECANA estima o valor numérico para os Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) de uma amostra de cana. No entanto, nenhum dos parâmetros tecnológicos se refere à matéria estranha (ME) seja vegetal, seja mineral.

A matéria estranha, ou simplesmente impureza se diz respeito a tudo que não é cana, porém foi quantificada como cana, além de não ser cana e de não conter sacarose durante o processo de extração do caldo, por ser matéria bastante absorvente e o caldo da cana ser rico em sacarose a matéria estranha acaba prendendo a sacarose em suas fibras e a sacarose vai parar na caldeira, ou seja, a eficiência cai por um mal aproveitamento da sacarose, além de

que a matéria estranha é rica em leveduras e bactérias, que acaba contaminando o mosto, e diminuindo o rendimento da fermentação e produção de compostos indesejáveis.

Rendimento muitas vezes é confundido com a eficiência, porém são termos ligados entre si, porém não se refere a mesma coisa, a eficiência consiste em desenvolver uma atividade da forma mais perfeita possível, aproveitando o máximo dos recursos utilizados, já o rendimento é uma conta mais simples é uma relação entre os recursos produzidos sobre os produtos consumidos, seja cadeira, mesa, cachaça, ente outros. Depois de discernimos a diferença entre os dois termos vem a peculiaridade não eficiência sem rendimento, ou como não a rendimento sem eficiência,

A prática mais comum para se remover a matéria estranha total da cana, é a despalha com queima controlada do canavial, entretanto essa prática está caindo em desuso nos últimos anos, seja por questões ambientais regulamentadas, seja por questão socioeconômica. Tal prática é adotada por remover substancialmente a matéria estranha vegetal, tendo em vista que toda palha, ponteiro, palmito e plantas invasoras são carbonizadas. A saída adotada em todo setor sucroalcooleiro para enfrentar a problemática das queimadas é a mecanização da colheita, entretanto uma colhedora de cana é bastante cara para um engenho ou para uma usina de pequeno porte. Aos engenhos restam colher a cana crua, de baixa produtividade de corte, ou mesmo a queimada, que incorpora uma grande problemática, que é a liberação de compostos fenólicos na cachaça e conseqüente, diminuição da qualidade da mesma. Nesse sentido, a prática de colher a cana crua torna-se melhor alternativa para quem não possui muito capital disponível para mecanização. Entretanto os cortadores de cana sofrem mais para colher do que se a cana fosse colhida queimada. Ou seja, o trabalho rende menos e os trabalhadores recebem mais, entretanto a cana que chega aos engenhos ainda apresenta uma quantidade considerada de impureza, causando vários prejuízos entre eles maiores gastos com manutenção nos períodos de entre safra, a empresa além de pagar pela impureza como se fosse cana, a mesma ainda causa aumento no desgaste de equipamentos causando gastos desnecessários com manutenção (COSTA,2013).

## **1.1 Objetivo**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Estudar a relação entre a carga de matéria estranha total e as eficiências geral industrial e teórica da fermentação etílica para produção de cachaça.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

I – Classificação da matéria estranha total na cana-de-açúcar e estimativa do balanço material de cada tonelada de cana;

II – Definição da metodologia para estimar a matéria estranha total na cana moída;

III – Definição da metodologia para estimar o teor etílico no vinho da produção de cachaça;

IV – Quantificação e monitoramento da matéria estranha total;

V – Quantificação e monitoramento do teor etílico;

VI – Elaboração da planilha de produção etílica x cana moída x matéria estranha total x eficiência da fermentação etílica;

VII – Determinação das possíveis correlações matemáticas a matéria estranha total e a eficiência da fermentação e suas frações;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATÉRIAS ESTRANHAS OU SIMILARES NA CANA-DE-AÇÚCAR

É inegável que a prática de queimar a cana para se facilitar a colheita, ajuda bastante no quesito matéria estranha, porque as queimadas destroem toda matéria vegetal ali presente desde ervas daninha até a palha seca da cana. Porém essa prática está caindo em desuso, sobretudo nos estados das regiões Centro-Oeste, sudeste e Sul devido a regulamentações ambientais, entre outros. Já na região Nordeste as queimadas ainda são bastantes presentes, principalmente porque o relevo, de distribuição irregular e acidentado, não facilita que as colheitadeiras mecanizadas sejam completamente implementadas, obrigando à colheita manual.

Foster; Ivin 1981 *apud* Magalhães (2008) fizeram levantamento em trabalhos anteriores e constataram que as queimadas impactam muito na qualidade da matéria-prima. Devido à alta temperatura que as canas são submetidas durante a queimada, algumas partes da cana onde há sacarose são carbonizadas, e perde-se sacarose por destruição térmica. Ainda segundo estudo realizado por Ripoli *et al.* (1996), constatou-se que as perdas pelas queimadas chegam a 1,3% do ATR. Tais perdas se somadas àquelas causadas pela matéria estranha tornam-se muito relevantes aos produtores de etanol.

O termo, matéria estranha, se refere a tudo que não for o colmo que entrou na usina ou engenho. A matéria estranha é classificada conforme sua origem se tiver origem nas plantas é classificado como impureza vegetal, já se tiver origem do solo, é classificada como impureza mineral. A impureza pode se aderir à cana em dois momentos, o primeiro é na colheita e o segundo é no carregamento para o transporte. Na colheita a impureza se adere devido uma má separação das partes que vão ser beneficiadas das que não vão ser. Já durante o carregamento a sujidade adere à cana, porque a mesma fica em contato com a terra, e quando vai ser carregada o implemento agrícola recolhe cana e areia e descarrega no caminhão. Durante o transporte a terra vai se depositando no fundo da carroceria do caminhão, local onde a sonda de amostragem não chega, dessa forma quando se coleta a amostra para as análises de pagamento, a cana está com baixo teor de matéria estranha. Porém, a carga de cana está realmente é com relevante matéria estranha e causa diversos impactos na produção STUPIELLO; FERNANDES, (1984 *apud* MAGALHÃES 2008).

Segundo Magalhães (2008) a cana de qualidade é aquela que seus colmos estejam maduros, limpos, isentos de doenças, a partir dessas especificações aplica-se o termo matéria prima ideal (MPI). A maior incidência de impurezas mineral ou vegetal também afeta a qualidade da matéria-prima a FIGURA 1 ilustra o carregamento da matéria prima com baixo índice de impureza.

FIGURA 1: alimentação da esteira de cana com matéria prima de baixa quantidade de impurezas.



Fonte: autor 2018

A matéria estranha impacta muito na qualidade do produto final, uma pequena comparação é que se o ponteiro da cana for processado junto com o colmo a sua alta concentração de clorofila, agrega uma cor ICUMSA muito maior que se fosse processado apenas o colmo. A matéria estranha causa prejuízos antes, durante e depois da safra da cana-de-açúcar. Antes da safra a empresa tem que recuperar todos os equipamentos que sofreram desgaste em detrimento da matéria estranha total, durante a safra, ocorrem problemas de entupimento e vazamentos em diversos equipamentos e diminuição da qualidade do produto final, no pós-safra a maioria dos equipamentos estão com alto índice de corrosão, fazendo que a empresa gaste mais para com a manutenção e substituição de equipamentos e peças. (SOUZA. A, *et al* 2010).

## 2.2. PRINCIPAIS MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE MATÉRIA ESTRANHA

O controle da matéria estranha é um ponto bastante importante, para a produção sucroalcooleira tendo em vista que a matéria estranha impacta muito na produção de álcool, açúcar e cachaça. Sendo assim sua quantificação e controle são bastante importantes. Para sua

quantificação, necessita-se de procedimentos padronizados para que sejam robustas e garantir a reprodução eficaz quando for repetido.

Existem alguns métodos de determinação da matéria estranha, porem em sua maioria os métodos são bem parecidos, consiste em coletar a amostra com a sonda durante a amostragem para determinação do pagamento da cana, a amostra então é submetida a uma separação de cana, matéria estranha mineral, e matéria estranha vegetal. A partir daí a execução da leitura pode ser adotada a metodologia do autor Celso Caldas, ou a metodologia proposta pela UDOP.

A análise é feita com a cana que é coletada para ser realizado o pagamento da cana, a cana é coletada com o auxílio da sonda que coleta a amostra de cana e depois leva para o laboratório a cana para se determinar PBU e a cana com impurezas para ser quantificada como ilustra a imagem abaixo, tendo em vista que a cana deve ser limpa antes de passar pela forrageira. No processo de limpeza, a palha, o ponteiro, o palhiço, entre outros são separados e pesados para se obter o peso da parcela vegetal (PV). A FIGURA 2 mostra o processo de coleta da amostra de cana. Em paralelo a areia também é separada do colmo e pesada para se obter o peso da impureza mineral. Após isso faz-se uma relação entre a massa total de cana que entrou e a cana real que entrou para se determinar impurezas Caldas (2011).

FIGURA 2: ilustra a operação de coleta de amostra que vão ser utilizadas para determinação de pagamento da cana.



Fonte: autor 2019

### 2.3. FERMENTAÇÕES ETÍLICAS PARA CACHAÇA

A fermentação é um processo biológico com várias aplicações, seja para produção de panificados, bebidas (alcoólicas ou não), produtos lácteos, panificados. Muito do que difere uma fermentação da outra é o micro-organismo envolvido. Para se produzir cachaça, os engenhos com sua tradição preferem o fermento caipira, que consiste em inocular o fermento natural que vive nas canas e prolifera-lo no mosto. Outros produtores preferem fermento de destilarias, já os engenhos mais modernos optam pelo fermento selecionado, o qual se refere a uma cepa desenvolvida com as características pré-estabelecidas seja resistência ao etanol, seja resistência à temperatura, ou que o fermento se sobressaia em relação a contaminação (BONINO, 2017).

A fermentação etílica executada por leveduras transforma, majoritariamente, a sacarose em etanol e dióxido de carbono. Outros compostos, considerados metabólitos, também estão presentes na cachaça e em baixas concentrações, são eles o metanol, acetato de etila, furfural, ácido acético. Alguns desses compostos agregam à cachaça identidade, porém em quantidades altas a cachaça perde qualidade e dependendo do composto, a bebida é vedada a sua comercialização. Alguns desses compostos não são produzidos por leveduras, mas sim por bactérias que dividem o mosto com a levedura. (Nogueira-2006). Além da contaminação por bactérias e fungos, existe outra fonte de contaminação, visto que após as operações unitárias que se estendem na extração, ou simplesmente moagem, o caldo da cana se incorpora de sujidades provenientes, majoritariamente, da matéria estranha, necessitando assim de operações de separação peneiramento e/ou filtração.

Diferente da produção de cachaça industrial, onde o caldo o mosto é preparado como se a fermentação fosse destinada para a produção de etanol, a cachaça artesanal prioriza um caldo com uma microbiota mais rica, segundo os produtores geram uma cachaça com melhor sensorial. Além de que a fermentação é conduzida em batelada, com separação do fermento por decantação, a FIGURA 3 ilustra o processo fermentativo para produção de cachaça. O processo de peneiramento vem antes do processo de filtração do caldo para que seja removido areia, pequenas pedras, bagacilho, entre outros. Após o processo de tratamento deste caldo o mesmo se encontra com um Brix bastante elevado para as leveduras, necessita de uma diluição pós o caldo da cana possui uma quantidade de açúcar na média de 18°Brix a levedura para um bom rendimento aceita 15°Brix a partir daí pode-se adicionar o fermento ao agora denominado mosto (TEIXEIRA,2019).

FIGURA 3: Ilustra o processo fermentativo em batelada.



Fonte: autor, 2018.

Apesar de ser uma bebida destilada, muitos consumidores antes de provar acham que é uma bebida sem sabor, sem aroma. Mas diferente da vodca que não tem as características sensoriais como cor, flavor, sabor característico, a cachaça é uma bebida muito rica sensorialmente, a riqueza de sabor e de aromas, tem origem no processo de fermentação, a cachaça ainda tem uma grande ajuda que vem dos alambiques de cobre. O cobre é um metal que catalisa algumas reações orgânicas, contribuindo para a composição do buquê da cachaça, além de preservar todas as características sensoriais do destilado a FIGURA 4 ilustra o equipamento, diferente do inox utilizado nas colunas de destilação que a finalidade dele é de separar apenas o etanol da água.

Figura 4: Ilustra o alambique responsável pela destilação da cachaça e aguardente.



Fonte: autor, 2017.

## 2.4 INDICADORES DE QUALIDADE DA FERMENTAÇÃO ETÍLICA DA CACHAÇA

A matéria prima influencia bastante na qualidade do mosto e também na qualidade do mosto fermentado, tendo em vista, que a levedura vai obter seus nutrientes do mosto e vai produzir compostos, agradáveis ou não. Além disso, a levedura compete por nutrientes com as contaminações bacterianas, que produzem compostos que, em altas concentrações, sinalizam que a fermentação foi má conduzida.

O principal fator que indica a qualidade de um processo fermentativo etílico é a quantidade de álcool presente no mosto, tendo em vista que essa quantidade não pode ser muito alta, pois como a levedura é um ser vivo e o etanol em altas concentrações é tóxico para a mesma. Uma fermentação bem conduzida com uma cepa de leveduras boas, após as 24 horas do ciclo fermentativo espera-se obter uma graduação alcoólica próxima de 8°GL. Observando esse valor de álcool no vinho é que chegamos à conclusão que quanto maior o teor de etanol no vinho, menos energia se gasta para destilar.

Após verificar o quanto de álcool está presente no vinho, verifica-se a viabilidade do fermento. A verificação se dá por meio de contagem na câmara de Neubauer, onde após a diluição e cora a amostra com azul de metileno. Além da viabilidade faz-se a determinação de acidez no vinho por titulação de neutralização. No fim, submete-se a solução de fermento à centrifugação para se determinar o teor de fermento em 10 ml de amostra.

Os parâmetros de controle realizados pelos engenhos no cotidiano são:

- pH, (indica contaminação bacteriana no mosto),

- Viabilidade (para se determinar a quantidade células que não são levedura, inclusive as células de levedura mortas e brotos),
- brix final do mosto fermentado (para obter a razão de consumo de sacarose por ciclo),
- carbamato de etila que (produzido no processo fermentativo, altas concentrações desse composto podem barrar a exportação do destilado para países que possuem barreiras comerciais.)

Os padrões de identidade da cachaça artesanal, são muito mais característicos do que as cachaças industriais, sendo assim uma cachaça artesanal tem muito mais sabor, aroma, e cor que uma industrial, contudo a uniformidade de uma cachaça industrial é maior, a maioria dos compostos encontrados numa cachaça tem sua origem na fermentação, contudo seus valores não podem nem ficar acima dos padrões estabelecidos pelo MAPA. A TABELA 1 mostra os padrões estabelecidos pelo MAPA.

TABELA 1: Composição físico-química média das aguardentes

Componentes	Unidades	Valor	Valor
		Mínimo	Maximo
Grau Alcoólico	% v.v –1 20 °C	34,24	50,29
Acidez volátil	mg ác. Acético 100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	6,06	247,74
Ésteres	mg acetato de etila 100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	0,97	418,85
Aldeídos	mg acetato de etila 100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	2,77	82,47
Furfural	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	0	1,28
Isobutílico	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	16,4	95,05
Isoamílico	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	49,71	323,39
n-propílico	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	18,76	290,31
Álcoois superiores	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	152,48	443,35
Congêneres	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	180,48	836,37
Álcool metílico	mg.100 mL <sup>-1</sup> etanol 100%	0	37,75
Cobre	mg.L <sup>-1</sup>	0	12,25

Fonte: modificado MIRANDA (2007)

Outros compostos secundários a exemplo do metanol, acroleína entre outros, são compostos indesejáveis no destilado sendo assim, possuem intervalo de controle evitando

assim que cause mal à saúde humana. Um exemplo de substância que causa mal à saúde, é o metanol, que dependendo de sua concentração pode causar cegueira parcial e permanente.

## 2.5 RELAÇÕES DA MATÉRIA ESTRANHA E FERMENTAÇÃO ETÍLICA

Para a produção de etanol combustível, o caldo antes de ser transformar em mosto passa por um processo de tratamento, primeiro por peneiras para se remover sujidades grosseiras como bagaço, pedras, bagacilho, após essa remoção de impurezas o caldo recebe uma adição de polímeros e é encaminhado para um processo de decantação, de onde se remove partículas menores, inclusive partículas que dão cor ao caldo, o intuito de se remover tais sujidades é que o caldo fica melhor para a fermentação, não espuma, após todo esse processo de clarificação o caldo é aquecido mais uma vez para que se remova toda carga microbiológica do meio, depois disso tudo o caldo é resfriado e encaminhado para o setor de diluição que vai preparar o mosto para as leveduras se fartarem e produzirem etanol (LIMA, *et al*, 2001).

De acordo com Ivin e Doyle (1989 *Apud* Magalhães 2008) realizaram experimentos anteriores com a cana limpa, e com a cana como as usinas moem, após submeter o caldo a um tratamento de clarificação, para fim de remover partículas dissolvidas e em suspensão. Notou-se que havia uma alta concentração de cinzas e açúcares redutores, além de substâncias que causam cor. Reportou-se também que os ponteiros junto com a palha carregam uma grande quantidade de bactérias e fungos que competem pela sacarose com as leveduras, diminuindo a qualidade do fermentado que vai ser destilado.

Segundo Mutton et al. (1996 *apud* Magalhães 2008) realizaram ensaios em laboratórios e chegaram à conclusão de que mesmo que a concentração de impurezas no caldo comprometa a qualidade do mesmo, as impurezas não influenciam o ATR, entretanto podem causar consumo de sacarose ou a degradação mais rápida da mesma, fazendo com que seu tempo de utilização tenha que ser mais rápido, para evitar perdas.

É inegável que a presença da matéria estranha causa uma queda na qualidade da matéria-prima, além disso, as presenças das impurezas causam um aumento no desgaste dos equipamentos industriais, desgaste mais acentuado em bombas, esteiras metálicas, e maior requerimento de manutenção nos sistemas de decantação. Também ocorre o desgaste nos equipamentos de transporte, o caminhão ao invés de estar levando cana, está levando areia e palha, Além de todos esses prejuízos no pós-safra, que é o momento em que as usinas, e

engenhos executam a manutenção, a presença de impurezas como por exemplo de bagacilho faz com que as leveduras produzam substâncias desagradáveis ao consumo.

Por um lado, a presença da matéria estranha pode dar uma falsa impressão que não afeta em nada a fermentação, porém ocorre um aumento na concentração de açúcares redutores, o que é ótimo, porque facilita o trabalho das leveduras. Além disso não se tem a concreta certeza que os açúcares redutores levados pela matéria estranha, são de fato glicose e frutose, tendo em vista que a uma quantidade considerável de açúcares redutores que possa estar ali, desde a maltose, até mesmo a lactose, por outro lado existem bactérias que se alimentam de outros açúcares redutores e produzem compostos que deixam a bebida com sabor adstringente, ou que modificam, da bebida, características únicas dela. Além do prejuízo pelo consumo dos açúcares, as bactérias quando em números elevados podem prejudicar a cepa de leveduras, diminuindo assim os ciclos fermentativos, impactando na redução da eficiência, e na redução do volume de cachaça.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aplicado na planta de fermentação de uma usina paraibana com capacidade de moagem de 1400 toneladas/hora, produzindo etanol e aguardente, além do reaproveitamento integral de fermento, dióxido de carbono, vinhaça, entre outros.

#### 3.1. CLASSIFICAÇÃO DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL

A usina requer uma matéria prima isenta de contaminação, e quais são as formas de contaminação dessa matéria prima (MP), associado a MP entra uma grande quantidade de impureza, do solo, ou de plantas, isso acaba reduzindo a qualidade da MP, com isso as usinas e engenhos estabeleceram a nomenclatura de Matéria Prima Ideal (MPI), o que é a matéria prima ideal, a MPI é basicamente só cana, sem folhas, palmito, e ou raízes, a FIGURA 5 discerne muito bem os valores das impurezas (MAGALHÃES, 2008).

FIGURA 5: Ilustra o certificado em número da carga e valores obtidos de MET.

CERTIFICADO	Mee
Nº ANALISES	
LIBERAÇÃO	
TARA	10.2305
PESO DA CANA	10.300
PESO DO BALDE	1350
PESO TOTAL DA CANA	9.050
PESO DA PALHA	980.5
PESO DA AREIA	48.0
PESO BRUTO	10.0785
%MAT.VEGETAL	9.73
%MAT.MINERAL	0.48
%CANA LIMPA	89.80
%TOTAL	100

Fonte: autor 2019

## 3.2. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ESTRANHA TOTAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

### 3.2.1. MATÉRIA ESTRANHA

Determinação de matéria estranha em amostras de cana, levando em consideração a origem da MET se ela tiver origem do solo ou de algum tipo de mineral denomina-se impureza mineral, ou matéria estranha mineral, já se sua origem estiver relacionada com plantas como a própria cana, ou de plantas invasoras a cultura. Considerando quantidades de areia (impureza mineral) e palha (impureza vegetal).

### 3.2.2. AMOSTRAGEM

Um procedimento perfeitamente coerente e que deve ser seguido é o sistema de amostragem estabelecido pelos CONSECANAS para remuneração da cana. Assim, para estes controles as amostras devem ser obtidas a partir do sorteio estabelecido para definições das posições dos furos dados pela sonda, lembrando que para as sondas horizontais e de “trator”

devem ser dados três furos em locais diferentes da carga, ao passo que se a sonda for oblíqua são dados dois furos no mesmo local da carga.

As amostras para determinação de MET, embora sejam coletadas através do mesmo procedimento para o sistema de pagamento de cana, devem ser obtidas exclusivamente para estes controles e não são trituradas em forrageiras. No capítulo 01 – Novo manual para laboratórios sucroalcooleiros- estão citados todos os detalhes de amostragem. A FIGURA 6 ilustra a peneira com a amostra de matéria estranha total já A FIGURA 7 ilustra a operação de pesagem da amostra de MET; (CALDAS, 2011).

FIGURA 6: Ilustra a amostra antes de ser efetuado a análise



Fonte autor 2019

FIGURA 7: ilustra a pesagem da parcela vegetal do MET



Fonte: autor 2019

### 3.2.3. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO POR PENEIRAMENTO

A escolha criteriosa desse método de avaliação da matéria estranha, se deu por conta da correria em um laboratório de uma usina, além disso pela dispensa do preparo de soluções, isso se reflete uma técnica extremamente barata, por ser barata não quer dizer que não seja precisa a técnica de peneiramento é uma técnica bem precisa, além disso o resultado sai na hora, diferente da técnica, em que tem que calcinar a amostra, além de gastar energia gasta-se tempo.

As amostras, embora sejam coletadas através do mesmo procedimento para o sistema de pagamento de cana, devem ser obtidas exclusivamente para estes controles e não são trituradas em forrageiras. No capítulo 01 do livro – Novo Manual para laboratórios sucroalcooleiros encontra-se os procedimentos para o cálculo do ATR, e no capítulo 02 do

mesmo livro encontra-se os procedimentos para se determinar a qualidade da matéria prima (CALDAS 2011).

### **Método de Determinação por Peneiramento**

O método de determinação por peneiramento, é o método mais aplicado para, efetuar a separação da matéria estranha da cana, consiste em limpar a cana e coloca-la em um balde e o que passar pela peneira vai ser pesado como impureza mineral, e o que ficar retido na peneira vai ser pesado como impureza vegetal conforme o método abaixo.

Determinação, através de um método prático e rápido, da matéria estranha contida numa amostra de um carregamento de cana, podendo também ser determinados os percentuais das impurezas minerais e vegetais.

#### **NOTAS:**

A determinação das impurezas minerais e vegetais em uma mesma amostra torna o método bastante atrativo. Com relação à quantificação da impureza mineral temos as seguintes considerações:

- na parcela da impureza mineral pode-se determinar a umidade para minimizar as interferências de água e caldo contidos nesta amostra, visto que são quantificados como impureza;
- ainda na parcela da impureza mineral podem-se determinar diretamente as cinzas através da calcinação da amostra peneirada. Neste caso o método se torna bem mais atrativo e confiável, embora a frequência de amostragem fique comprometida.

#### **Técnica**

- anotar todas as informações necessárias correspondentes ao carregamento da cana, como por exemplo, fazenda, talhão, et 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;
- Pesas toda a amostra em balança do tipo Filizola. Anotar o peso total da amostra (PTA) no formulário, expresso em gramas.
  
- Toda amostra deverá ser transferida para uma lona preta para separação da cana denominada “limpa” das impurezas mineral e vegetal;
- com auxílio de uma escova de nylon, ou mesmo com um pincel largo, limpar cuidadosamente todos os toletes de cana, que deverão ser separados em balde de plástico. As palhas agregadas a estes toletes também devem ser removidas e juntadas as demais.

- O material mineral e vegetal separado da “cana limpa” deverá ser peneirado em uma peneira com 2mm de abertura. O material peneirado (parcela mineral) deverá ser recolhido numa bacia plástica. A parcela retida corresponde à matéria estranha vegetal

- ambos os materiais, mineral e vegetal, devem ser pesados e seus pesos anotados no formulário. Designar, para efeito de cálculo, a parcela mineral úmida de (PMU), e a parcela vegetal de (PV). Estes pesos somados fornecem o peso total de matéria estranha (PTME), e devem ser expressos em gramas;

- após pesado, o material vegetal (palhas) pode ser descartado, enquanto o material mineral servirá para determinação da umidade ou calcinado para determinar as cinzas, ou seja, as impurezas minerais.

Para efeito de cálculo das percentagens de matéria estranha (mineral, vegetal e total), considerar a seguinte nomenclatura:

PTA      Peso total da amostra

PTME     Peso total de matéria estranha

PMU      Peso da parcela mineral úmida

PV        Peso da parcela vegetal

#### **Cálculos**

PTME → Peso total de matéria estranha

$$\mathbf{PTME = PMU + PV}$$

% MET → Percentual de matéria estranha total

$$\mathbf{\%MET = (PTME/PTA) \times 100}$$

% MEM → Percentual de matéria estranha mineral

$$\mathbf{\%MEM = (PMU/PTA) \times 100}$$

% MEV → Percentual de matéria estranha vegetal

$$\mathbf{\%MEV = (PV/PTA) \times 100}$$

OBSERVAÇÃO: Pode-se também calcular a % MET da seguinte forma:

$$\mathbf{\%MET = \%MEM + \%MEV}$$

#### **Exemplo**

##### **Cálculo dos percentuais de matéria estranha**

Peso total da amostra → PTA = 7.100g

Peso da parcela mineral úmida → PMU = 138,0g

Peso da parcela vegetal → PV = 560,1g

PTME → Peso total de matéria estranha

$$\mathbf{PTME = PMU + PV \therefore PTME = 138,0 + 560,1 = 698,1g}$$

Novo Manual Para Laboratórios Sucroalcooleiros 44 45 Capítulo 02 - Qualidade da Matéria Prima

##### **MATÉRIA ESTRANHA MINERAL**

Cálculos % MEM → Percentual de matéria estranha mineral

$$\mathbf{\%MEM = (PMU/PTA) \times 100 \therefore \%MEM = (138,0/7100) \times 100 = 1,94\%}$$

##### **MATÉRIA ESTRANHA VEGETAL**

Cálculos % MEV → Percentual de matéria estranha vegetal

$$\mathbf{\%MEV = (PV/PTA) \times 100 \quad \%MEV = (560,1/7100) \times 100 = 7,80\%}$$

## **MATÉRIA ESTRANHA TOTAL**

Cálculos % MET → Percentual de matéria estranha total

$$\%MET = \frac{(PMTE \setminus PTA)}{100} \times 100 \therefore \%MET = \frac{(698,1 \setminus 7100)}{100} \times 100 = 9,83\%$$

### **OBSERVAÇÃO:**

Pode-se também calcular a % MET da seguinte forma:

$$\%MET = \%MEM + \%MEV \quad \%MET = 1,94 + 7,98 = 9,83\%$$

## **UMIDADE NA PARCELA MINERAL**

### **Técnica**

- transferir quantitativamente o material correspondente à parcela mineral úmida para um vidro de relógio tarado em estufa a 105-110°C, durante 1h. O peso do vidro de relógio tarado com a amostra mineral úmida deve ser anotado como (P1), em grama.

### **NOTA:**

Caso a quantidade de amostra seja grande, pesar apenas 100g e prosseguir a análise. Neste caso, nos cálculos da umidade considerar como PMU o valor 100g

- levar este vidro de relógio contendo o material mineral à estufa durante 3h, estando esta a 100-105 °C;
- Após o tempo estabelecido, o vidro de relógio com a amostra seca é imediatamente pesado, e seu peso, em gramas, anotado como (P2). Este peso junto com o (P1) e o peso da parcela mineral úmida (PMU), servirá para determinação da percentagem de umidade da matéria estranha mineral (% UMEM).

### **Cálculos**

Para efeito do cálculo da umidade da matéria estranha mineral, considerar a seguinte nomenclatura:

PMU → Peso da parcela mineral úmida considerada na análise

P1 → Peso do vidro de relógio tarado + amostra mineral úmida

P2 → Peso do vidro de relógio tarado + amostra mineral seca

% UMEM → Percentual de umidade da matéria estranha mineral

$$\%UMEM = \frac{(P1 - P2) \setminus PMU}{100} \times 100$$

### **Exemplo**

Cálculo da umidade na matéria estranha mineral

Peso do vidro de relógio tarado + amostra mineral úmida P1 = 148g

Peso do vidro de relógio tarado + amostra mineral seca P2 = 110g

% UMEM                      Percentual de umidade da matéria estranha mineral

$$\%UMEM = \frac{(148 - 110) \setminus 138}{100} \times 100 = 27,53\%$$

### **NOTA:**

Conhecendo o percentual de água (umidade) na matéria estranha mineral pode-se calcular a quantidade de impureza mineral (%IM) sem a interferência da água pela expressão:

$$\%IM = \%MEM \times 0,01 \times \%UMEM$$

### **Exemplo Cálculo do percentual de impureza mineral**

$$\% \text{ IM} = 1,94 \times 0,01 \times 27,53 \quad \% \text{ IM} = 0,534 \%$$

### **CINZAS NA PARCELA MINERAL**

#### **Técnica**

- Da amostra peneirada, pesar exatamente 50,000g em balança analítica, usando uma cápsula de porcelana previamente tarada em mufla a 550°C por 30 minutos e prosseguir a técnica conforme citada no próximo item, determinação de impureza mineral por calcinação Caldas (2011).

## **3.2.4. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO TEOR ETÍLICO NO VINHO LEVURADO**

### **Teor Alcoólico**

O método de ebulliométrico é um método bastante confiável para se determinar o teor alcoólico, quando não é possível se usar o densímetro, ele utiliza a temperatura de ebulição da água como referência, e a temperatura de ebulição do etanol presente na mistura, o procedimento a seguir trata dessa análise.

Determinação do teor alcoólico, expresso em percentagem v/v de etanol, pelos métodos ebulliométrico, do densímetro eletrônico e cromatográfico.

### **MÉTODO EBULLIOMÉTRICO**

#### **Técnica**

- Calibração do ponto zero
- lavar a caldeira do ebulliômetro com água destilada.
- Colocar 25 mL de água destilada na caldeira, não devendo molhar o bulbo do termômetro
- Rosquear o condensador à caldeira, não sendo necessário colocar água no condensador
- Acender a lamparina
- Definir como “ponto zero” o ponto onde ocorrer a estabilização do mercúrio do termômetro
- Mover a régua graduada e ajustar o ponto zero da escala ao valor de leitura no termômetro

#### **Determinação**

- Lavar a caldeira com pequenas porções da amostra
- Colocar 50mL da amostra na caldeira
- Rosquear a parte superior do aparelho que deve conter água e o termômetro
- Acender a lamparina
- O mercúrio contido no tubo capilar deve-se mover até estabilizar em um determinado ponto
- Ler a temperatura
- Fazer a leitura do teor alcoólico na régua graduada

#### **Cálculos**

**Teor alcoólico (etanol%) = L**

**Onde:**

**L Leitura obtida na régua graduada**

## MÉTODO DO DENSÍMETRO ELETRÔNICO

### Técnica

#### Destilação da amostra

- Agitar por alguns segundos a amostra em um recipiente fechado, abrindo em seguida a tampa para liberar o CO<sub>2</sub>. Esta operação deverá ser repetida entre 4 e 5 vezes
- Pipetar 25 ml da amostra homogeneizada e destilar em destiladores do tipo Kjeldahl
- Lavar com um pouco de água destilada o local onde foi colocada a amostra

#### NOTA:

Toda operação do destilador deve ser realizada exatamente conforme recomendação do manual de operação do equipamento

- Acoplar um balão volumétrico de 50mL no final do condensador para receber o destilado
- Destilar até aproximadamente 50mL
- Desacoplar o balão volumétrico do condensador e completar o volume com água destilada
- Determinação
- Injetar com uma seringa de 2mL a amostra destilada, tendo-se o cuidado de lavar tanto a seringa quanto o tubo do densímetro 3 a 4 vezes com a solução a ser lida
- Acender a luz interna e verificar se não ficou bolha de amostra
- Esperar 2 a 3min para estabilização da temperatura e fazer a leitura da densidade da amostra a 20°C
- Converter a densidade lida para teor alcoólico (%) com auxílio da tabela 8

#### NOTA:

A leitura da densidade da amostra deve ser realizada a 20°C, com o densímetro eletrônico programado de acordo com seu Manual de Operação para que se tenha a correta densidade relativa da amostra 20°C / 20°C

#### Cálculos

**Teor alcoólico (etanol%) = C × 2**

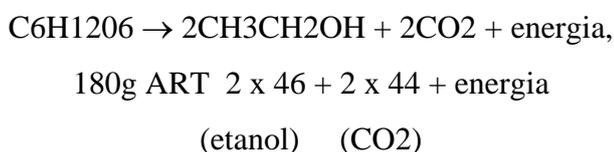
**Onde:**

C Concentração alcoólica, em % v/v, encontrada na tabela 8, em função da densidade relativa da amostra 20°C / 20°C. (CALDAS 2011, p 346 a 348).

### 3.5. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DE FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ETANOL PARA CACHAÇA E COMBUSTÍVEL.

A fermentação alcoólica é um processo químico, que consiste na bioconversão da sacarose em etanol e dióxido de carbono, tudo isso na ausência de oxigênio, ou seja, meio anaeróbico, o principal causador da fermentação são as leveduras, porém não são únicas que executam tal atividade, algumas bactérias também possuem tal capacidade.

A eficiência é calculada tomando por base o rendimento ideal  $Y_T$  usando a equação de GAY-LUSSAC para se determinar o rendimento de etanol (CRUZ 2019).



$$\begin{aligned} 180g \text{ ART} & \text{-----} 92g \text{ de etanol} \\ 100g & \text{-----} x g \end{aligned}$$

$$x = 51,11g \text{ ou } 51,11 / 0,78932 \text{ (densidade - } 20^\circ\text{C)} = 64,75\text{ml de etanol a } 20^\circ\text{C} \therefore$$

$$Y_t = 51,11g \text{ ou } 64,75\text{ml etanol a } 20^\circ\text{C por } 100g \text{ de ART}$$

Rendimento Prático ( $Y_p$ ):

$$Y_p = g \text{ de etanol obtidos do vinho/ g de ART fornecido} \times 100$$

$$\text{Eficiência } (Y_p/Y_t): \eta_p (\%) = (Y_p/Y_t) \times 100$$

$$EF = \frac{\text{vol. \u00c1lcool obtido (l)} \times 100}{0,6480 \times \text{a\u00e7\u00facar total na m\u00e1teria prima fermentada (como glicose, kg)}}$$

onde V \u00e9 dado pela express\u00e3o acima substituindo na de baixo

$$EF = \frac{\text{vol. mosto fermentado. V(l)} \times GL^0}{0,6480 \times \text{a\u00e7\u00facar total na m\u00e1teria prima fermentada (como glicose, kg)}}$$

Al\u00e9m do c\u00e1lculo da efici\u00eancia fermentativa as ind\u00fastrias realizam o c\u00e1lculo da efici\u00eancia global, que leva em conta tamb\u00e9m a efici\u00eancia da destila\u00e7\u00e3o, e por isso recebe o

nome de Eficiência Geral Industrial (EGI) conforme equações globais abaixo a TABELA 2 ilustra a avaliação qualitativa de indústrias sucroalcooleiras em termos de EGI.:

Fermentação

$$EF = (\text{kg ART vinho delevado} / \text{kg ART mosto}) \times 100$$

Destilação

$$ED = (\text{kg de ART álcool produzido} / \text{kg ART no vinho delevado}) \times 100$$

Eficiência Geral Industrial

$$EGI = (\text{kg ART produzidos} / \text{kg ART entrada de cana}) \times 100$$

TABELA 2 – Avaliação qualitativa de indústrias sucroalcooleiras em termos de EGI.

EGI (%)	AVALIAÇÃO
< 82	Péssimo
82,0 a 83,9	Ruim
84,0 a 85,9	Regular
86,0 a 88,9	Ótimo
>89,0	Excelente

Fonte: Caldas; Robério 2018

### 3.6. Determinação do grau de correlação entre m.e.t. e eficiência global de fermentação na produção de etanol para cachaça e combustível

Conforme (OLIVEIRA 2019) o grau de correlação é uma grandeza estatística que visa entender uma flutuabilidade numérica e encontrar algum padrão numérico. os graus de correlação que são comumente usados é a correlação de Pearson, que estabelece um grau de relação entre dois conjuntos de variáveis quantitativas e exprimem o grau de correlação entre os valores -1 e 1. Nesse sentido, valores de correlação iguais a zero ou muito próximos de zero significam que nenhuma correlação existe entre os conjuntos avaliados.

Quando a correlação se aproxima de 1, percebe-se o aumento das duas variáveis, ou seja, é uma relação linear positiva, além disso quando o valor se aproxima de -1 é possível dizer que as variáveis são correlacionadas, além disso percebe-se que a flutuabilidade dos valores é inversamente proporcional, enquanto um valor decai o outro cresce, esse comportamento é denominado de correlação negativa ou inversa.

Verifica-se ainda a presença de mais coeficiente de correlação, dentre eles podemos citar, o coeficiente de correlação de Spearman, e o coeficiente de correlação de Kendall. O grau de Spearman não é muito diferente do avaliado por Person, ele também toma como base o intervalo de dados de -1 a 1, a diferença está que não exige uma suposição de que a relação

entre as variáveis seja linear, podendo ainda sua utilização em variáveis medidas ordinalmente.

O grau de correlação de Kendall, é uma medida de associação para variáveis ordinais, a vantagem sobre Spearman é a generalização do coeficiente de correlação parcial.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A usina que recebeu esse estudo tornou-se grande parceira na condução e execução dos ensaios de matéria estranha e eficiência etílica em sua planta de fermentação. Além disso, essa empresa foi bastante solícita em conhecer quais os impactos da qualidade da sua matéria-prima sobre a Eficiência Geral Industrial (GEI). Nesse sentido, foram coletados dados da produção referentes à produção etílica para cachaça, os quais se traduzem na forma dos parâmetros de qualidade da fermentação que são apresentados na Tabela 3. Todos os dados obtidos se referem a uma série histórica de catorze dias seguidos de produção que se sucederam após a primeira semana do *start* da usina, nessa safra 2019-2020.

Os dados de EGI (%) foram obtidos de equações industriais existentes em software de gerenciamento da usina e que são de autoria do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Contudo os resultados de MET encontrados estão associados aos resultados de Eficiência Geral Industrial (EGI) e da Eficiência Teórica (ET) Os dados de ART,  $\mu$  (massa específica) e Brix, referentes ao mosto, e de Volume e Teor Alcoólico do Vinho ( $^{\circ}$ GL), referentes ao vinho, foram coletados do banco de dados da produção de cachaça e aguardente da usina. Ressalte-se que foram realizadas algumas análises do mosto e do vinho em conjunto com as análises de rotina para esses parâmetros a fim de se familiarizar com as práticas de laboratório comuns da usina, A TABELA 3 mostra os parâmetros de fermentação fornecidos pela usina parceira.

TABELA 3 – Dados de parâmetros da fermentação etílica fornecidos pela usina parceira.

DIA	EGI (%)	EFICIÊNCIA TEÓRICA FERMENTATIVA (%)	Volume de Vinho (L)	$^{\circ}$ GL do Vinho (% v/v)	ART do Mosto (% m/m)	$\mu$ (g/L)* Estimada pelo BRIX	Brix do Mosto (% m/m)
1	81,58	80,42	173770	5,7	10,45	1,04674	12,32
2	83,01	88,30	157710	6,3	10,52	1,04666	12,3

3	84,66	95,02	185458	6,7	10,39	1,04725	12,44
4	86,01	86,28	222308	6,3	10,76	1,04720	12,43
5	86,39	89,66	204428	6,6	10,84	1,04792	12,6
6	83,71	102,45	215377	7,4	10,64	1,04762	12,53
7	86,20	92,48	226743	7,0	11,14	1,04851	12,74
8	84,41	90,17	199515	6,6	10,78	1,04788	12,59
9	86,08	92,24	229412	6,8	10,85	1,04859	12,76
10	84,32	94,77	217815	7,0	10,88	1,04762	12,53
11	86,70	93,43	229378	6,9	10,87	1,04847	12,73
12	85,34	100,23	229600	7,3	10,73	1,04754	12,51
13	84,90	94,44	232980	6,9	10,76	1,04784	12,58
14	84,22	96,71	232178	7,1	10,81	1,04805	12,63

Fonte: Autor 2019

Os demais dados obtidos na usina foram experimentados diretamente em análises realizadas no laboratório de ATR, onde se recebiam quantidades suficientes de amostras para o estudo da matéria estranha e para as análises tecnológicas de pagamento da cana. Tais dados se referem aos parâmetros de qualidade da matéria-prima tanto de entrada na usina, quanto de saída da usina e que foram adotados para as estimativas de MET (%m/m). Os parâmetros de entrada foram a Impureza Vegetal e a Impureza Mineral, ambos provenientes das coletas realizadas pela sonda de amostragem de cana. O parâmetro de saída foi a Impureza Mineral acumulada do processo e que é diariamente recolhida em caminhão e pesada na saída da usina. Esse último parâmetro foi uma contribuição da supervisão técnica da usina e que até então não estava previsto no estudo e que se revelou de grande importância, visto este ser um dado físico real da quantidade de impureza mineral que veio do processo a partir da matéria-prima. A TABELA 4 apresenta os dados coletados com tais parâmetros e as estimativas de MET.

TABELA 4 – Dados de parâmetros de impurezas da matéria-prima de entrada e saída da usina parceira.

<b>DIA</b>	<b>IMPUREZA VEGETAL (SONDA) (% m/m)</b>	<b>IMPUREZA MINERAL (SONDA) (% m/m)</b>	<b>IMPUREZA MINERAL (PROCESSO) (% m/m)</b>	<b>MET (SONDA) (% m/m)</b>	<b>MET (PROCESSO) (% m/m)</b>
------------	---	---	--	----------------------------	-------------------------------

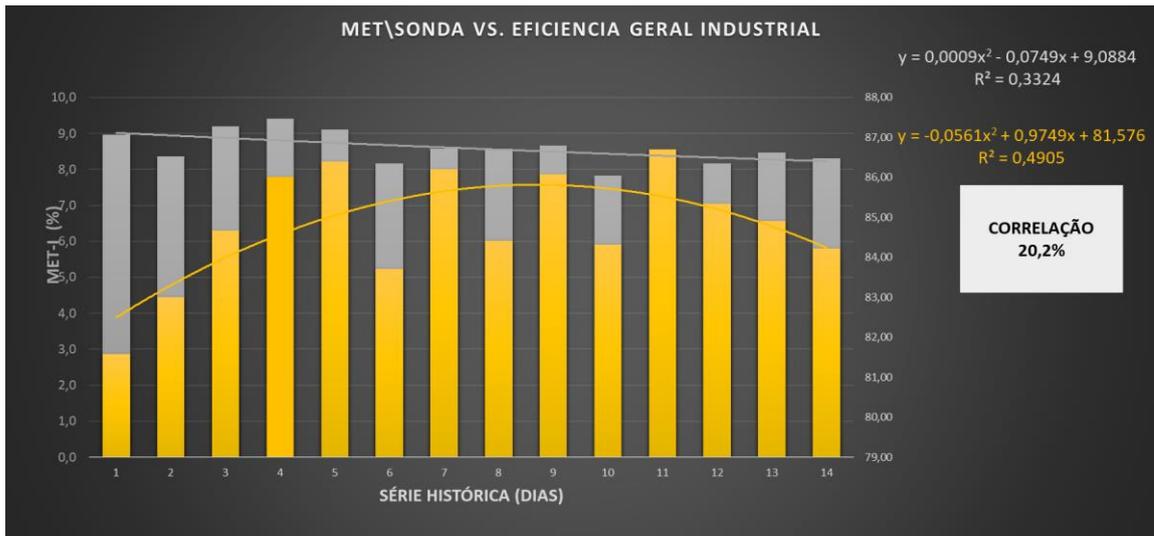
1	8,45	0,52	2,5	8,97	10,95
2	7,79	0,57	1,88	8,36	9,67
3	8,39	0,8	2,47	9,19	10,86
4	8,4	1,01	2,21	9,41	10,61
5	8,62	0,48	2,08	9,1	10,7
6	7,64	0,53	1,38	8,17	9,02
7	8,11	0,47	1,42	8,58	9,53
8	7,64	0,93	1,4	8,57	9,04
9	8,16	0,51	1	8,67	9,16
10	7,32	0,51	1,13	7,83	8,45
11	8,08	0,47	1,23	8,55	9,31
12	7,64	0,52	1,04	8,16	8,68
13	7,98	0,49	2,19	8,47	10,17
14	7,81	0,49	1,34	8,3	9,15

Fonte: Autor.

Depois de ter todos os dados “em mãos”, foram conduzidos os cálculos do estudo da influência da matéria estranha total (MET) sobre a eficiência etílica da fermentação. O estudo baseou-se nas estimativas de correlação linear e de regressão em modelos que explicassem ao máximo a distribuição dos dados na série histórica de 14 dias. Os resultados do estudo foram organizados em doze gráficos da série histórica de produção (FIGURA 8 à FIGURA 14).

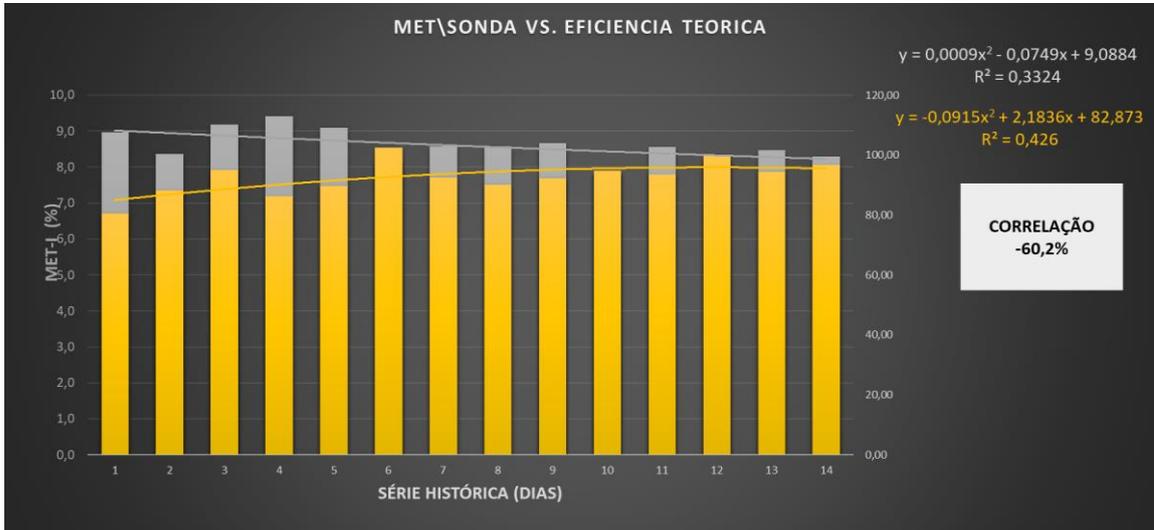
Cada gráfico apresenta em destaque as equações de regressão polinomial de segunda ordem, por ter sido a modelagem que resultou no maior grau de explicação dos dados plotados. Além disso, também foram dispostos em cada gráfico, a estimativa de correlação entre conjunto de dados, ora de MET contra eficiência, ora de MET contra parâmetros da fermentação.

FIGURA 8 – Gráfico de distribuição de MET (sonda) e EGI na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.



Cabe ressaltar, aqui, as diferenças entre os gráficos e seus resultados de correlação a fim de não os confundis.

FIGURA 9 – Gráfico de distribuição de MET (sonda) e de Eficiência Teórica de fermentação etílica na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.



Fonte: autor 2019

De acordo com esses modelos, é possível notar as inflexões marcantes na distribuição dos dados de EGI e de Eficiência Teórica da fermentação, conforme equações de regressão. Porém isso não ocorre com os dados de MET provenientes da sonda de amostragem. A justificativa encontrada é a de que a sonda não alcança a maior parte do material mineral que se acumula na base da carga de matéria-prima dentro do caminhão (em detalhe FIGURA 10).

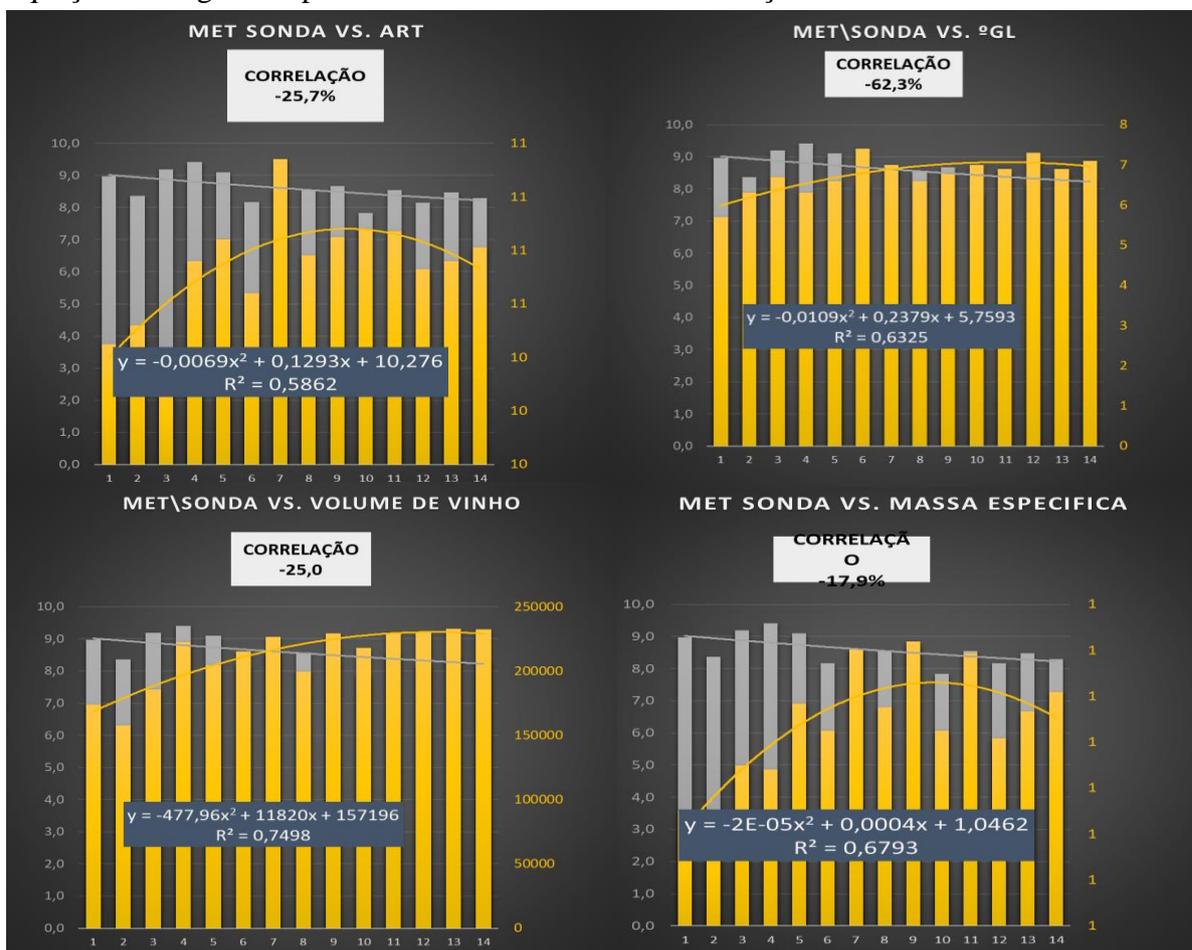
FIGURA 10 – Ilustração da amostragem por sonda, com detalhe para o local de perfuração.



Fonte: Autor, 2019.

Logo sua representatividade para tal material, está fortemente comprometida e não se deve dar devida confiança aos seus resultados de MET. Portanto, a correlação positiva de 20,2% de MET sobre a EGI da usina revelou uma distorção equivocada e assim sem significado estatístico.

FIGURA 11 – Gráficos de distribuição de MET (sonda), ART e Massa Específica do mosto, Volume de vinho e °GL do vinho na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.



Fonte: autor 2019

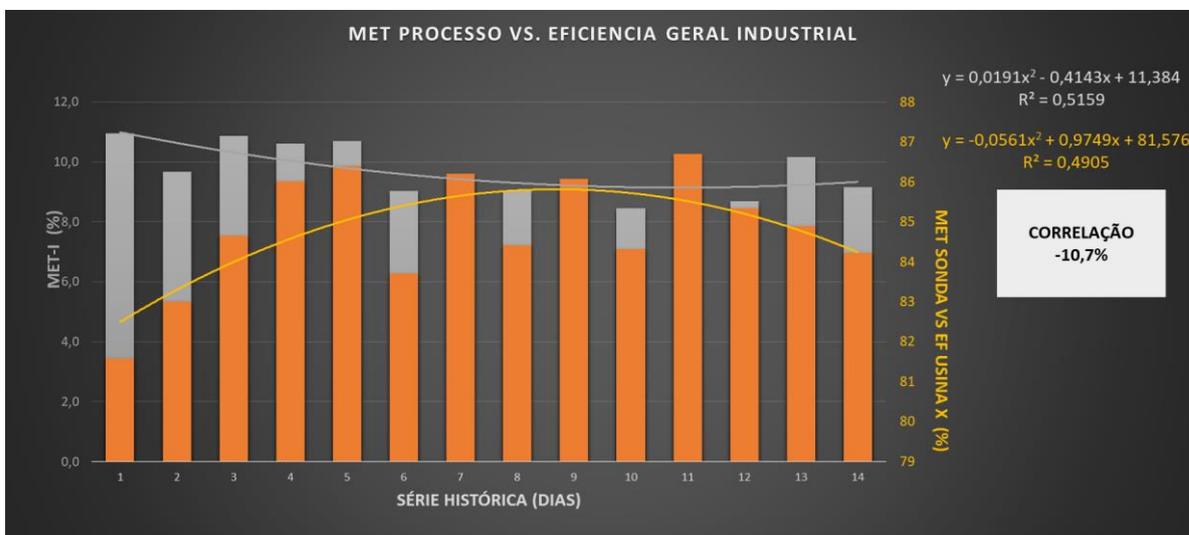
Ainda assim, nos gráficos da FIGURA 9 e FIGURA 11, é possível ver que existe grande influência sobre os parâmetros da fermentação e conseqüentemente sobre a Eficiência Teórica fermentativa, o que se faz valer que a composição do MET (sonda), embora não seja conclusiva em termos de impureza mineral, ainda sim pode-se entender que a impureza vegetal é a verdadeira responsável pela manutenção da altíssima correlação. Tem-se, portanto, que essa impureza pode ser estudada com maior profundidade e individualmente, pois a mesma é quem deve está impactando com grande magnitude a eficiência.

Numa outra série de comparação de dados foram sistematizados gráficos que relacionam a matéria estranha total que leva em conta as impurezas minerais advindas do processo, conforme explicado anteriormente (FIGURA 12 a FIGURA 14). Avaliando os gráficos com as distribuições de MET obtido do processo e comparando com a distribuição de

EGI, é possível notar inflexões marcadamente opostas sobre distribuição de ambos os dados, conforme equações de regressão.

Para o gráfico da FIGURA 11, as inflexões opostas corroboram o que foi encontrado na correlação entre esses parâmetros, que foi uma correlação negativa, indicando que o MET verdadeiramente influencia negativamente a eficiência geral da indústria. Mostrando que esses devem ser considerados mais confiáveis e dignos de conclusão efetiva em termos da influência das matérias estranhas totais.

FIGURA 12 – Gráfico de distribuição de MET (processo) e EGI na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.



Fonte: autor 2019

O mesmo resultado é evidenciado no gráfico a seguir (FIGURA 12), quando se comparam as distribuições de MET (processo) com a Eficiência Teórica da Fermentação, porém com um destaque a mais para a elevadíssima influência negativa de 62,0%. Tamanha correlação pode ser justificada, ao examinar os resultados de correlação de cada um dos parâmetros de entradas e saídas da fermentação e que estão detalhados na FIGURA 13.

FIGURA 13 – Gráfico de distribuição de MET (processo) e de Eficiência Teórica de fermentação etílica na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.

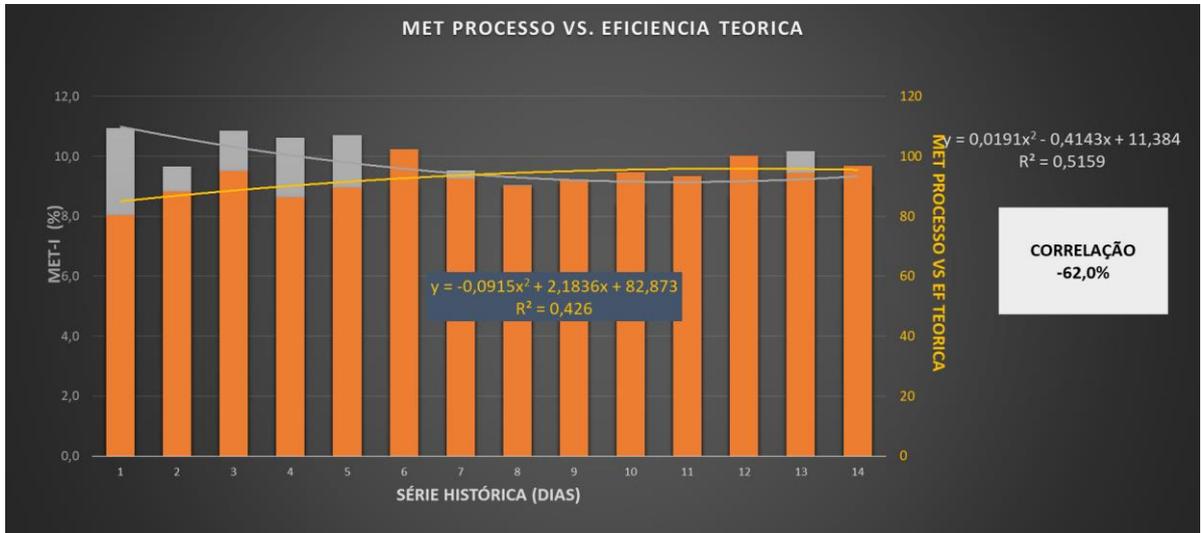
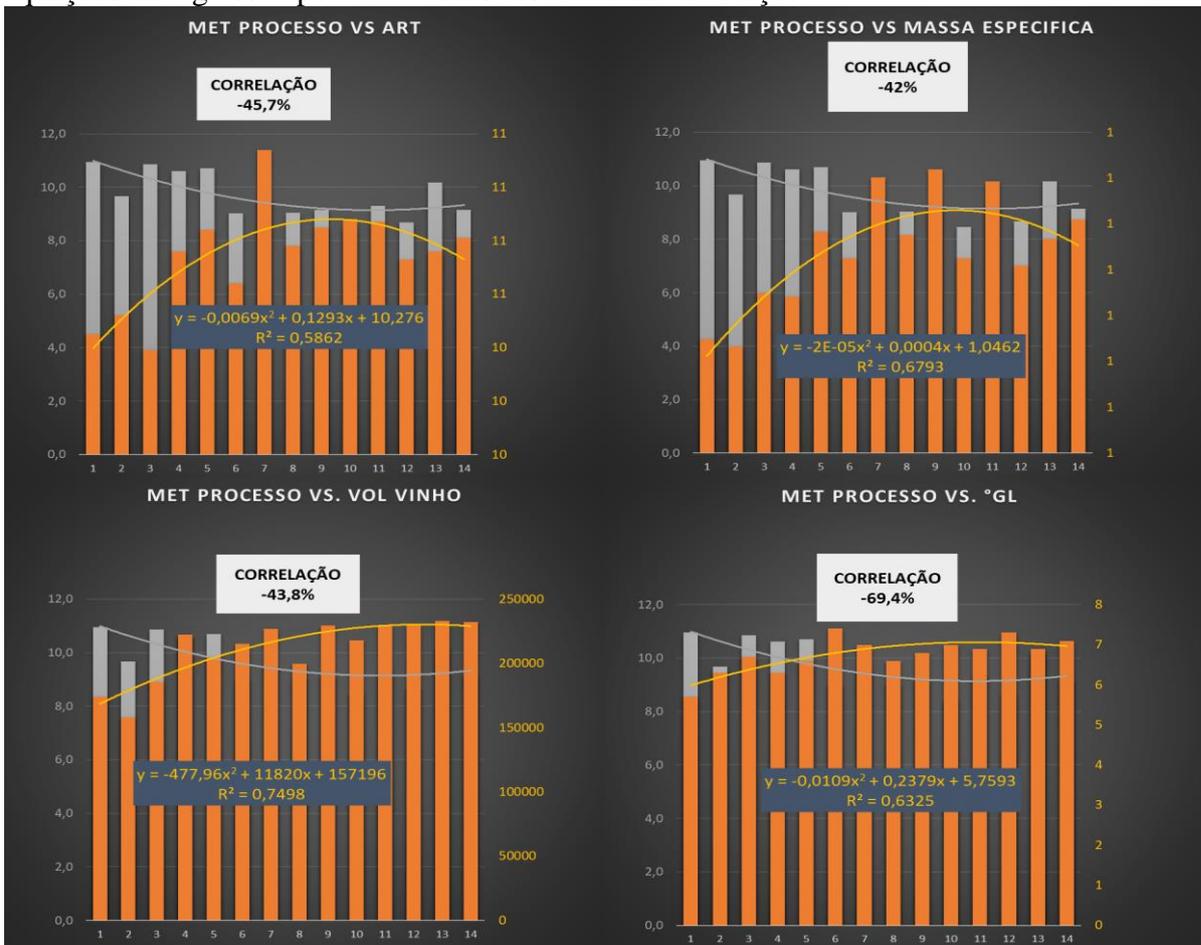


FIGURA 14 – Gráficos de distribuição de MET (sonda), ART e Massa Específica do mosto, Volume de vinho e °GL do vinho na série histórica de 14 dias, com destaque para suas equações de regressão polinomiais e o resultado de correlação entre eles.



Fonte: autor 2019

## 5. CONCLUSÃO

Esse foi um estudo quantitativo de catorze dias dentro do processo produtivo de uma usina fabricante de cachaça e aguardente da Paraíba. E que buscou encontrar correlações entre a carga de matéria estranha total (MET) que entra na produção industrial de uma usina que produz cachaça e as eficiências industriais (EGI e ET).

Em primeiro lugar, o estudo mostrou que as impurezas vegetais impactam muito mais as eficiências industriais, que as impurezas minerais. Fortalecendo a importância do trabalho rotineiro das análises da matéria-prima, em termos das impurezas vegetais, para a tomada de decisões no gerenciamento industrial.

As influências opostas encontradas para a MET obtida por sonda e a MET obtida da saída do processo, revelaram que a amostragem de impurezas minerais a partir da sonda horizontal está verdadeiramente comprometida e que por isso não possui representatividade estatística e nem sentido de continuar a ser realizada em laboratório. Ao invés disso, deve-se sistematizar um trabalho rotineiro de quantificação das impurezas minerais recolhidas nas saídas do processo, desde a extração até a fermentação.

Nesse sentido, o estudo alcançou grande êxito mesmo em tão pouco tempo. E com potencial para revelar ainda mais correlações entre os parâmetros estudados. Contribuindo mais ainda para as ações de gerenciamento de uma usina de cana-de-açúcar produtora de cachaça.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pretende-se estender o estudo por toda a safra 2019-2020, ficando a critério da gerência industrial da usina parceira e colaboradora. Executar uma comparação de fermentação com MET e sem MET. **Desenvolver um método de coleta no qual se colete uma amostra de MET que seja mais representativa.**

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONINO, Raquel. Fermentação de cachaças artesanais guarda fórmulas seculares. Disponível em

<https://www.revistamenu.com.br/2017/01/16/fermentacao-de-cachacas-artesanais-guarda-formulas-seculares/> acesso em: 15\09\2019

Caldas, Celso. Novo manual para laboratórios sucroalcooleiros. Gráfica Moura Ramos, João Pessoa PB, 2011.

Caldas, Celso; Robério José. Curso de cálculo para gestão de laboratórios sucroenergéticos. Recife: Central de qualificações analítica, 2018. P. 5.

Costa, Mario Luís O. A queima da palha da cana de açúcar no estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI180001,61044-A+queima+da+palha+da+canadeacucar+no+Estado+de+Sao+Paulo> acesso em: 19\05\2019.

CRUZ, Sandra, H. Processos industriais de condução da fermentação. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2208950/mod\\_resource/content/1/a12%20Processos%20Fermentativos.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2208950/mod_resource/content/1/a12%20Processos%20Fermentativos.pdf) acesso em: 15\08\2019.

Souza. A; Pinheiro L., Azevedo. M.J.G., Oliveira R. A. Impureza mineral e vegetal impacto na indústria e porcentagem tolerável, Notas de estudo de Agronomia Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAABeGQAI/impureza-mineral-vegetal-impacto-na-industria-porcentagem-toleravel#> acesso em: 15\08\2019,

Foster; Ivin, apud Magalhães. Qualidade da matéria prima entregue as usinas Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod\\_resource/content/1/Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod_resource/content/1/Artigo%201.pdf).\_ acesso em 27\11\2018.

Ivin, P. C.; Doyle, apud Magalhães. Qualidade da matéria prima entregue as usinas. Disponível em : [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod\\_resource/content/1/Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod_resource/content/1/Artigo%201.pdf) acesso em 27\11\2018.

LIMA, U. D.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. Produção de etanol. In: LIMA, U. D. et al (Coord.). Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. v. 3. p. 1-43.

Machado, F.B.P. A história da cana de açúcar- da antiguidade aos dias atuais. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993> acesso em 26\01\2019.

Magalhães, P.G. Qualidade da matéria prima entregue as usinas. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod\\_resource/content/1/Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod_resource/content/1/Artigo%201.pdf) acesso em 26\01\2019.

Miranda, Mariana B.; Martins, Nilo Gustavo S.; Belluco, André Eduardo S.

Horii, Jorge; Alcarde, Andre R. Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n4/34.pdf> acesso em 17/05/2019.

Mutton, M.J.R. et al, apud Magalhães. Qualidade da matéria prima entregue as usinas. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod\\_resource/content/1/Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod_resource/content/1/Artigo%201.pdf) acesso em: 26/01/2019.

Nogueira, F.S. Análise dos compostos voláteis da cachaça por cromatografia a gás acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM). Disponível em: [http://www.edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5626/mod\\_resource/content/1/Monografia\\_fernanda\\_nogueira.pdf](http://www.edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5626/mod_resource/content/1/Monografia_fernanda_nogueira.pdf) acesso em 10\02\2019.

Oliveira, B. Coeficiente de correlação. Disponível em: <https://operdata.com.br/blog/coeficientes-de-correlacao/> acesso em 15\01\2019.

SOUSA, Rainer Gonçalves. "Engenho de Açúcar"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/engenho-acucar.htm>. Acesso em 01\10\2018.

Sakai, Rogerio H. ``Cachaça``; Árvore do conhecimento cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de>

[acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html](http://acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html)) Acesso em 01\08\2019.

Stupiello, J.P.; Fernandes apud Magalhães. Qualidade da matéria prima entregue as usinas. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod\\_resource/content/1/Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263412/mod_resource/content/1/Artigo%201.pdf) . Acesso em 01\10\2018.

Teixeira, Silvana. Produção de cachaça orgânica-fermentação do do caldo da cana. Disponível em:<https://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/producao-de-cachaca-organica-fermentacao-do-caldo-da-cana>. Acesso em 01\06\2019.

Vian, Carlos Eduardo F. ``Qualidade da matéria prima``; Árvore do conhecimento cana-de-açúcar. Disponível em:

[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_138\\_22122006154842.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_138_22122006154842.html). Acesso em 10\07\2019.

Vidal, Maria F.; Gonçalves, Marcos F. Produção de cachaça na área do BNB. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/151.pdf>. Acesso em: 08\06\2019.