

ESTUDO DO PROCESSO DE CONCENTRADORES DE SÓLIDOS (BRIX): UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO-OESTE GOIANO

Darlan Marques da Silva¹, Murilo Borges Martins², Ana Luiza Soares Nascimento³, Mariana da Silva Moraes⁴, Loysleny Branco dos Santos⁵

Resumo

O setor sucroalcooleiro brasileiro se destaca internacionalmente, sendo o Brasil um dos maiores produtores de etanol à base de cana-de-açúcar. A qualidade dos parâmetros deve ser constantemente verificada, para a produção uniforme dos produtos finais. Sendo assim, a perspectiva desta pesquisa visou analisar a qualidade do produto vinhaça concentrada pelo Brix (%), mediante ser um dos fatores cruciais na produção do subproduto do álcool, segundo a empresa investigada. Assim, através do teste de hipótese da ANOVA permitiu concluir que existe diferença significativa entre os meses analisados (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, do ano de 2016) em relação aos dados obtidos da produção de vinhaça concentrada, foi realizada uma verificação dos valores médios e das variâncias dos respectivos meses em estudo, para analisar os seus comportamentos, no qual a maior média mensal apresenta maior qualidade do produto final, pois quanto maior a porcentagem de Brix melhor, e ainda foi feita uma estimativa dos componentes de variação.

Palavras-chave: Vinhaça. Sucroalcooleiro. Produção. Processo.

Introdução

A cana-de-açúcar, originária principalmente das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum*, é uma gramínea do setor asiático (REIN, 2013). Foi trazida para o Brasil no período colonial, sendo implantados engenhos por todo território. Mas foi no Nordeste do país que começou a deslançar a produção e só após 50 anos de dificuldades o Brasil conseguiu enfim monopolizar a produção de cana, fazendo com que assim Portugal e Holanda, para onde era exportado o produto, lucrasse com sua comercialização (UDOP, 2012).

A plantação de cana-de-açúcar está se destacando entre as mais cultivadas para os ramos de alimentação e energético, humano (açúcar, garapa, etc.) e animal (volumoso para ração, etc.). Ela se destaca também por gerar um subsídio que favoreça o mercado econômico, em tempos de crise havendo a alternância do petróleo pelo álcool (GARCIA, 2005).

¹ darlan@unirv.edu.br, UnirV, Faculdade de Engenharia de Produção.

² murilo.borges.martins@hotmail.com, UnirV, Faculdade de Engenharia de Produção.

³ ana.soares@hotmail.com, UnirV, Faculdade de Engenharia de Produção.

⁴ marianasilvamoraes@hotmail.com, UnirV, Faculdade de Engenharia de Produção.

⁵ loyslenybs@gmail.com, UnirV, Faculdade de Engenharia de Produção.

O álcool tem trazido grandes benefícios por ser um produto de baixa emissão de gás carbônico, ajudando a ter uma menor poluição e conseqüentemente deterioração da atmosfera (BERMANN, 2008). No setor sucroenergético sempre houve uma grande atividade geradora de subprodutos, como por exemplo, bagaço, fuligem, vinhaça, entre outros. Porém, tudo era utilizado de forma não satisfatória e, por vezes, agredindo o próprio meio onde se cultiva a cana. Com a passagem dos anos foi preciso uma adaptação e reciclagem dos meios de utilização destes subprodutos (CRUZ, 2011).

Uma aplicação destes produtos é a utilização da vinhaça na área agrícola que, por vezes, era descartada de forma errada e contaminava todo o local, agora pode e é utilizada de forma benéfica, bio-irrigando o próprio solo onde está sendo cultivada a cana-de-açúcar (SILVA; GRIEBELER; BORGES 2007).

A vinhaça é um subproduto resultante do final da produção do etanol. Tem uma coloração escura e é proveniente da destilação do caldo fermentado da cana, na qual é apresentada uma grande porção de oxigênio (LELIS NETO, 2008).

Este subproduto é altamente poluente e precisa ser tratado, seu descarte em meio hídrico é proibido. Nos dias de hoje, a vinhaça é utilizada para bio-irrigação ou fertirrigação do próprio solo, onde é cultivada a cana de açúcar, apesar disso também estar em constante debate, por haver controvérsias sobre a possível contaminação de aquíferos subterrâneos (SALOMON, 2007). Existem outros grupos de opções nos quais a vinhaça pode ser destinada, como por exemplo: fermentação, evaporação, entre outros (fertirrigação e reciclagem) (CARVALHO; SILVA, 2010).

Biomassa e o uso na produção do etanol

Biomassa é todo recurso ou matéria orgânica renovável que possa ser utilizada como fonte de energia. Esta matéria pode ser de origem florestal, agrícola (que é a mais utilizada no Brasil) e de rejeitos urbanos (lixo) (AQUINO et al., 2014).

Nas regiões menos favorecidas a biomassa florestal é bastante utilizada, por ter melhor relação custo/benefício, visto que para a produção de energia a partir da biomassa requer uma grande quantidade de matéria para pouco produto final. Geralmente a biomassa florestal (madeira) é mais utilizada para produção de um combustível de usinas de cogeração, chamado de licor negro (ANEEL, 2008).

Já a biomassa usada para a produção de biocombustíveis e/ou energia elétrica em demanda grande, é feita de matéria agrícola (milho, beterraba, cana-de-açúcar). A biomassa a partir dessas matérias é obtida pelo processamento dos resíduos das mesmas. A matéria mais utilizada no Brasil é a cana-de-açúcar. Da cana é utilizado o bagaço, a palha e a vinhaça (ANEEL, 2011).

A partir desse processamento dos resíduos, o produto é encaminhado para todo um procedimento para a produção do etanol (biomassa da cana-de-açúcar), passa por todo um tratamento até chegar na destilaria e se alcançar os dois tipos necessários, tanto para a produção de combustíveis (gasolina C, etanol hidratado), produção de perfumarias, carburentes, e também exportação, quanto para a produção de energia, geralmente dentro da própria unidade (MAPA, 2005).

A Figura 1 destaca os meios para a produção do etanol a partir da Biomassa da cana-de-açúcar. Mostra que a partir da biomassa existe um pré-tratamento, seguido das etapas para a produção do álcool, terminando na destilação, obtendo o resultado final esperado.

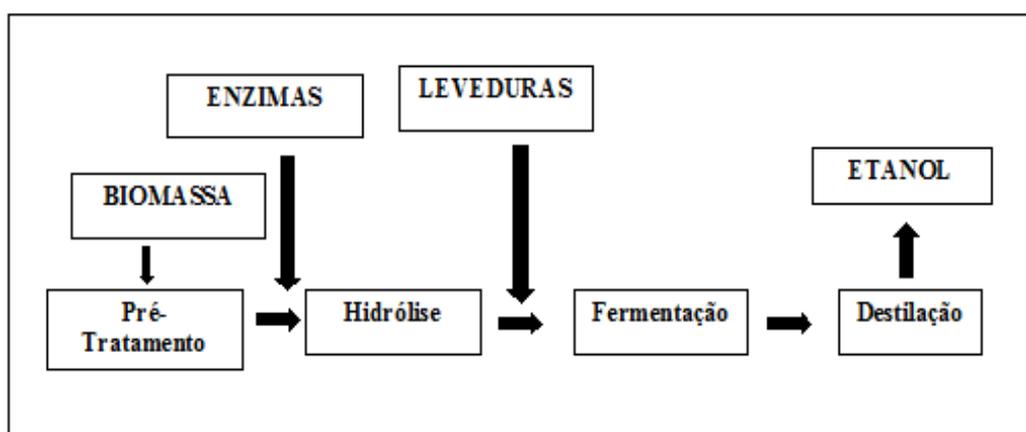


Figura 1 – Biomassa e a produção do etanol
Fonte: EMBRAPA (2010)

O etanol e a cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta de espécie duradoura e que possui várias qualidades. Sua originalidade é de espécie de grama alta, que representa uma das maiores culturas de comércio do mundo. São aproximadamente cerca de 20 milhões de hectares plantados no mundo e 7 milhões destes estão no Brasil, fazendo com que o país se torne o maior produtor de cana de açúcar do mundo, tendo na totalidade de 42% da produção total (BNDES, 2008, p. 68 e 70).

Quando ocorre a plantação da cana-de-açúcar para fins de produção do etanol, existe um processo longo e intenso. Tudo começa cerca de 3 anos antes, para se conseguir a matéria prima estável. Antes disso, ocorre uma análise do local a iniciar a plantação. Deve-se escolher locais que possuam ao menos duas estações bem definidas, uma delas que seja quente e úmida para o desenvolvimento da vegetação e a outra fria e seca para a maturação e o depósito da sacarose nos caules (AQUINO *et al.*, 2014, p. 109).

Depois que a cana-de-açúcar é cultivada, que cresce e ocorre o acúmulo da sacarose ela é sujeita à colheita. Esta ocorre nos períodos posteriores à chuva. Assim que ocorre a colheita, começam os processos para produção do produto (etanol). A partir da extração

acontece uma série de fases que são seguidas em ordem para que no final tenha sido obtido um maior número de produto e um menor número de resíduos (GOLDEMBERG, 2006).

Esta ordem ocorre iniciando pela extração, seguida pelo tratamento do caldo, fermentação e destilação. Assim que a cana chega à unidade agroindustrial, é processada o mais rápido possível, para que seja evitado qualquer tipo de contaminação e/ou degradação. Depois, é encaminhada para o setor de lavagem, no qual é submetida à retirada de poeira, terra e qualquer impureza, e depois é picada para melhor moagem (MEZAROBA; MENEGUETTI; GROFF 2010).

Logo após a lavagem, a cana é encaminhada para a moagem. Nesta etapa, ocorre a trituração da cana, fazendo com que assim seja produzido um líquido que é chamado de melado. A partir deste líquido, é dada continuidade na produção do etanol. Da cana que é triturada, cerca de 70% vira o caldo (ou melado), e os 30% são reduzidos em bagaço. Este bagaço também é reaproveitado, pode e é, na maioria das vezes, utilizado na geração de energia da própria usina (ANDRADE; CASTRO, 2006).

Depois que extraído, o caldo é encaminhado para o tratamento, no qual é peneirado para a retirada de qualquer impureza e depois é tratado com usos de agentes químicos que têm a função de coagular parte das matérias, adiantar as impurezas e modificar o pH (CASTRO, 2001).

Posteriormente, esse caldo é evaporado para que o teor de concentração do caldo fique em um BRIX ideal. Durante a evaporação este caldo é aquecido e, posteriormente, resfriado em uma temperatura bem menor, para que, com o choque das temperaturas, ocorra a formação do mosto ou melaço. Este mosto possui cerca de 40% de sacarose em sua composição (ANDRADE; CASTRO, 2006).

Segundo Lopes (2009), o melaço é diluído em água para atingir um brix entre 18° a 22° e seu ph deve ser de 4,5 a 5, o que facilita no processo de fermentação.

Depois de evaporado, o mosto passa pela fermentação. Neste processo ocorre a adição de micro-organismos chamados leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), esses se alimentam do açúcar presente no mosto e, posteriormente, transformando-o em gás carbônico e álcool. Essas leveduras têm maior desempenho a cerca de 32 a 34 °C (ALCARDE, 2007).

A mistura do mosto com a levedura recebe o nome de vinho bruto. Após ser fermentado, este vinho é centrifugado para que seja separado da levedura. Esta retornará para reutilização posteriormente. Esta etapa também pode ser feita através do controle do brix. Quando é alcançado um BRIX de 3 a 8%, indica que este vinho bruto está no ponto para destilação (LOPES, 2009).

Na última etapa acontece a destilação, o vinho deslevedurado, com cerca de 10% de álcool, irá para a destilação fracionada, na qual se separam os sólidos e grande parte da água. Ao final dessa etapa, o produto apresenta teor alcoólico de 96% ou 96 GL (etanol hidratado). Depois que sai da destilação, uma parte desse etanol passa por uma desidratação, que ocorre através da adição de ciclohexano. Essa mistura faz com que seja reduzida quase que totalmente a água deste etanol, restando apenas 0,4% (etanol anidro) (AQUINO *et al.*, 2014).

Dentro das usinas sucroalcooleiras são utilizados métodos para que se consiga obter uma concentração do subproduto da cana (vinhaça) medido por alguns métodos, sendo um deles a % de BRIX. Esse método analisa a quantidade de sólidos solúveis encontrados na vinhaça. Fazendo isto, quanto mais elevado o índice desse BRIX menos água e mais sólidos serão encontradas, e isso significará uma redução no volume da vinhaça e, conseqüentemente, o objetivo será alcançado (ISEJIMA; COSTA; SOUZA JUNIOR 2002).

Vinhaça

A vinhaça é um resíduo resultante do processo de fabricação do etanol. Possui um pH ácido (cerca de 4,0 a 4,8), uma coloração mais escura e um odor forte. Geralmente, na fabricação do etanol são resultados cerca de 10 a 18 litros de vinhaça para cada 1 litro de etanol. A composição dessa vinhaça deve variar de acordo com o tipo e estado que se encontra a cana e com os métodos e materiais utilizados no processo (WADT, 2008).

Nas décadas passadas, a quantidade de vinhaça produzida não alcançava tamanha proporção como nos dias atuais, mas mesmo assim, já despertava certa preocupação e interesse por parte dos pesquisadores com a forma em que ela era descartada. Era muito comum existir áreas de sacrifício, nas quais era depositada toda vinhaça, essas áreas eram por vezes mananciais, e isso prejudicava, mesmo que em pouca quantidade, o meio ambiente (CORAZZA, 2001).

A partir de 1975, com o crescimento na indução ao uso do etanol como combustível, a mistura deste etanol com a gasolina (Gasolina C), foram aumentando a fabricação do etanol e assim, conseqüentemente, a formação de mais resíduos. Isso foi se tornando uma grande preocupação socioambiental. As empresas (Usinas), por sua vez, começaram a utilizar essa vinhaça para a fertilização do próprio solo, já que constaram que esse resíduo era rico em potássio, cálcio e magnésio, mesmo sabendo que tem grande influência na degradação do lençol freático (VIANA, 2006).

Como foi crescendo a produção do etanol e, assim, formando maior número de resíduos, começaram os estudos para descobrir uma alternativa que fosse ecológica, ajudasse dentro da empresa e tivesse um custo-benefício relativamente bom. Assim, em

1978 foram instalados no Brasil os primeiros concentradores de vinhaça. Este não foi muito proveitoso, teve recorrentes defeitos e não ocasionou eficiência (BIASE, 2007).

Porém, depois de grandes imperfeições encontradas nos primeiros concentradores, pesquisadores foram aperfeiçoando cada vez mais e em 1984, em Novo Horizonte, foi instalado um conjunto de evaporadores, fazendo com que a vinhaça fosse reduzida até cinquenta por cento em seu volume total (BIASE, 2007).

Esses evaporadores são de grande consumo de energia, porém, várias adaptações foram feitas, colocando-os um sequencialmente ao outro para que o vapor de um evaporador aqueça o que está ao seu lado, e o vapor que está no último evaporador passa por condensação e assim o processo tem fim (CARVALHO; SILVA, 2010).

Método Brix utilizado

O teor de BRIX é a porcentagem de sólidos solúveis presentes em uma solução, açúcares etc. A análise a partir do BRIX determina a presença de densidades diferentes na mesma concentração (BICHARA, 2014).

Pode-se calibrar o Brix pelos gramas de açúcar presentes na solução. O método consiste em encontrar o total de sólidos solúveis na água (açúcar, sais, proteínas etc.) (ARAUJO, 2010).

Esse método determina todos os sólidos dissolvidos em uma amostra e pode indicar falsos positivos. Apesar de ser o mais utilizado, por ser mais rápido e fácil de ser aplicado, implica mais rigorosa atenção, quanto à sua %, quanto à massa (kg) da matéria (ZENEON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Observa-se que na produção do etanol, quanto maior o índice do BRIX, mais está sendo eficiente o uso de concentradores de vinhaça, fazendo com que se possa avaliar que com o índice elevado do brix, o teor de água diminui, reduzindo o volume, concentrando uma maior quantidade de sólidos e podendo esse resíduo ser reutilizado de forma ecológica, sustentável e econômica (ANDRADE *et al.*, 2013).

Diante do exposto sobre a produção de vinhaça e sobre ser considerado um processo crítico e de alto custo para a empresa, este trabalho tem por objetivo o monitoramento da qualidade do Brix (concentrador de sólidos) através de um estudo de caso, haja visto que a empresa relaciona este fator como um dos que mais impactam na produção e concentração da vinhaça.

Material e métodos

Este trabalho trata-se de um estudo de caso, do tipo quantitativo, pois segundo Gil (2008), este tipo de abordagem busca aprofundar sobre o assunto em um local específico e individual. O objetivo deste estudo foi o monitoramento da qualidade do Brix %

(concentrador de sólidos), haja vista que a empresa relaciona este fator como um dos que mais impactam na produção e concentração da vinhaça.

Foi realizado um levantamento bibliográfico por meio da internet, em bancos de dados como: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e foram selecionados livros e artigos de cunho científico.

Após o levantamento bibliográfico, realizou-se um monitoramento dos concentradores de sólidos (teor do Brix) em uma usina localizada no município de Quirinópolis-Goiás. Foram coletados dados sobre a concentração e números correspondendo ao desempenho do equipamento relacionado ao sólido (teor de Brix) durante um período de 6 meses (184 dias). A partir deste monitoramento, foi realizado um estudo e uma comparação dos valores dos Brix durante os meses em questão, para identificar se o equipamento gera ou não diferença significativa entre os grupos provocados pelo mês em relação ao Brix.

Os dados foram coletados durante todos os dias usando o mesmo método, com valores médios dos dias trabalhados para haver mais significância dos valores coletados. Após a coleta dos dados, estes foram encaminhados para uma comparação entre eles, utilizando-se da ferramenta Análise estatística do software @Excel2010.

Resultados e discussão

Nesta seção são retratadas as análises dos dados fornecidos pela empresa. Sabendo-se que uma alternativa para isto é a Análise de Variância (ANOVA), que pode ser usada para testar a igualdade dos efeitos de tratamentos (MONTGOMERY; RUNGER, 2009), para o caso do estudo, foi realizada uma verificação se há diferença significativa entre os grupos provocada pelos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, em relação ao Brix (%).

Logo, foi necessário fazer um levantamento das hipóteses:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{não há diferença significativa entre os grupos, ou seja, não há efeito de mês em} \\ \text{relação ao Brix (\%).} \\ H_1: \text{há diferença significativa entre os grupos provocada pelo mês em relação} \\ \text{à \%Brix.} \end{array} \right.$$

A Tabela 1 fornece o resultado da análise realizada referente à comparação das variáveis, sendo que esta é de um único fator. Na Tabela 1, tem-se a primeira saída do software @Excel, viabilizando fazer uma leitura das médias e a variância apresentada em cada mês.

Perante os resultados obtidos, referente aos dados fornecidos do equipamento de monitoramento da empresa, pode-se identificar uma grande variação no mês de agosto

(>26), mediante as paradas do equipamento que tem período de manutenção preventiva que é preestabelecida diante da necessidade de limpeza. Apresentou ainda impacto direto no resultado final do produto com uma média bem inferior (14,02%) do Brix em relação aos demais meses. Pode ser observado o fator, da variação da vazão, causada por descontinuidade de produção, durante o mês de agosto.

Tabela 1 - Verificação da Média e Variância de cada mês em estudo

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Brix maio	31	517	16,67741935	2,225806452
Brix junho	30	469	15,63333333	4,033333333
Brix julho	31	466	15,03225806	1,898924731
Brix Agosto	31	434,7	14,02258065	26,00247312
Brix setembro	30	451,9	15,06333333	7,416195402
Brix outubro	31	516,65	16,66612903	9,720897849

Fonte: Saída @Excel (2017).

Mediante as comparações, pode-se considerar que a descontinuidade da produção leva a ocasionar uma qualidade inferior do produto final, trazendo um desconforto, com parâmetros de produção inadequados e perdas relativamente importantes na produção. Visto que o ideal é maximizar o Brix. Entretanto, manutenções do sistema não podem ser negligenciadas e essenciais em uma usina sucroalcooleira.

O destaque em relação à maior rentabilidade do Brix se encontra nos meses de maio e outubro (valores superiores a 16,5%). No mês de maio obteve-se a maior eficiência do equipamento e continuidade na produção. Entretanto, quando comparada a um experimento realizado por Aude *et al.* (1992), a cana colhida em fevereiro apresentou valor do Brix superior (20,1%), mas vale destacar que o fator região foi diferente. No sul do país onde o clima apresenta discrepância em relação ao do sudoeste, em relação à temperatura, índices pluviométricos e outros.

A Tabela 2 demonstra o tratamento dos dados, onde foi considerado para a criação da ANOVA um índice de confiança de 95%, com um erro de 5% ($\alpha = 0,05$).

Tabela 2 - ANOVA

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	165,776	5	33,1551	3,86363	0,00239	2,26488
Dentro dos grupos	1527,48	178	8,58134			
Total	1693,26	183				

Fonte: Saída do @Excel (2017).

Mediante F-crítico tabelado (2,26488) com um $\alpha = 0,05$, grau de liberdade do numerador de 5 e do denominador de 178, pode-se concluir que o F calculado está maior (3,86363). Logo, rejeita-se a hipótese nula, assim, há diferença significativa entre os grupos provocada pelo mês em relação ao Brix.

Com os dados já calculados para um único fator ANOVA, foi realizada uma Comparação Múltipla das Médias para verificar e desenhar o Gráfico de Médias, analisando primeiro o Desvio Padrão das Médias \bar{S}_y (Equação 1), que é a raiz do MQR (quadrado médio residual), a variância dentro do grupo e NC (quantidade média de grupos nos níveis dos fatores) a raiz da quantidade de dados dividida pela quantidade de grupos. Todas as fórmulas de seção foram baseadas em Montgomery e Ruger (2009):

$$\bar{S}_y = \frac{\sqrt{MQR}}{\sqrt{NC}}, \quad (1)$$

$$\bar{S}_y = \frac{\sqrt{MQR}}{\sqrt{NC}} = 0,528986$$

O cálculo do Limite de Decisão (Equação 2).

$$Ld = 3 \cdot \bar{S}_y \quad (2)$$

$$Ld = 3 \cdot 0,528986 = 1,586958$$

Comparando o valor do limite de decisão com a média do Brix ao mês, foi possível verificar se existe diferença significativa entre os meses por pares. Usando-se barras contínuas sobre as médias que não diferem entre si, no gráfico da Figura 2.

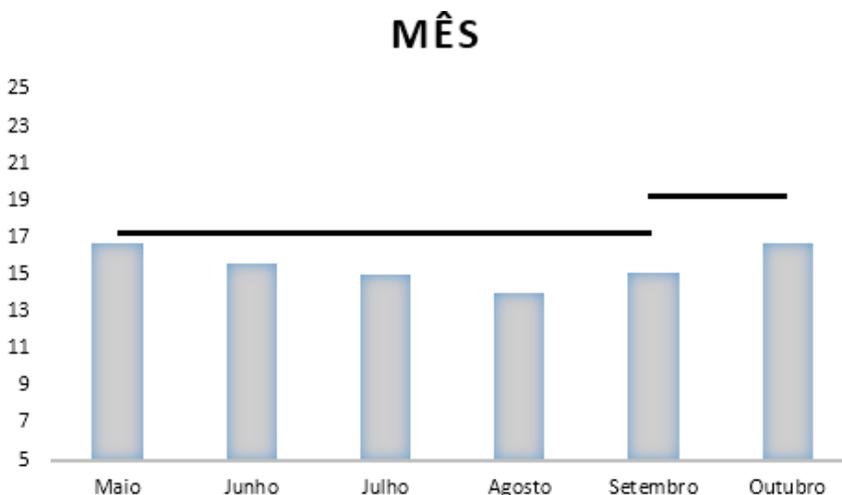


Figura 2 – Comparação dos valores médio referente ao Brix em relação aos meses
Fonte: Saída do @Excel (2017).

$$\bar{Y}_{\text{maio}}(16,6774) - \bar{Y}_{\text{junho}}(15,6333) = 1,0441 < Ld = 1,586958 \text{ Dif Não Signif.}$$

$$\bar{Y}_{\text{junho}}(15,6333) - \bar{Y}_{\text{julho}}(15,0322) = 0,6011 < Ld = 1,586958 \text{ Dif Não Signif.}$$

$$\bar{Y}_{\text{julho}}(15,0322) - \bar{Y}_{\text{agosto}}(14,0225) = 1,0097 < Ld = 1,586958 \text{ Dif Não Signif.}$$

$$\bar{Y}_{\text{agosto}}(14,0225) - \bar{Y}_{\text{setembro}}(15,0633) = 1,0408 < Ld = 1,586958 \text{ Dif Não Signif.}$$

$$\bar{Y}_{\text{setembro}}(15,0633) - \bar{Y}_{\text{outubro}}(16,6661) = 1,6027 < Ld = 1,586958 \text{ Dif Signif.}$$

O gráfico da Figura 2 exibido, na comparação dos valores médios referente ao Brix em relação aos meses, foram calculados entre si e comparados com o limite de decisão, considerando que são os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro são ilustrados com a reta contínua no gráfico. Entretanto, entre setembro e outubro chegou-se a uma diferença significativa (reta descontínua). Aude *et al.* (1992), relata que a cana cujo plantio foi em janeiro de 1986 e colhida depois de 19 meses levou a uma maior produção de colmos industrializáveis e com diferença de plantios realizados em outubro de 1985, janeiro, fevereiro e março de 1986.

Com a finalidade de verificar o quanto da variação é explicada dentro da mês e entre as meses em relação aos dados coletados, a opção foi estimar as componentes de variação: σ^2 - variância dentro do grupo (Equação 3) e $\sigma\alpha^2$ - variância entre grupos (a través da Equação 4),

$$E [MQR] = \sigma^2 \tag{3}$$

$$E [MQR] = 8,58134$$

e,

$$E [MQG] = \sigma^2 + NC \cdot \sigma\alpha^2 \tag{4}$$

$$33,1551 = 8,58134 + 30,666666 \cdot \sigma\alpha^2$$

$$\sigma\alpha^2 = 0,801318$$

A estimativa total (Equação 5),

$$\sigma^2 = \sigma^2 + \sigma\alpha^2 \tag{5}$$

$$\sigma^2 = 8,58134 + 0,801318$$

$$\sigma^2 = 9,382658,$$

De forma que $8,58134/9,382658 = 91,46\%$ da variabilidade total observada nos valores do Brix deve-se a diferenças "dentro dos meses" e $0,801318/9,382658 = 8,54\%$ deve-se a diferenças "entre os meses".

Conclusões

Os dados coletados em uma empresa produtora de etanol, visa uma possível melhoria em seu processo, de acordo com os resultados aqui obtidos, mediante a produção de vinhaça concentrada através a % de Brix. Essa por sua vez é um dos fatores mais impactante na produção do álcool. Sendo constatado através da ANOVA que realmente apresenta diferença significativa entre os meses estudados, mostrando ainda os valores médios e as variâncias, que quanto maior a média maior a qualidade do produto final, enquanto que variância é dada de forma contrária, obtendo-se um destaque para os meses de maio e outubro.

Foi exposto o cálculo das estimativas de variação que revelou uma grande quantidade de variabilidade dentro dos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro e não entre os meses em si. Assim, cabe à empresa fazer uma atuação diária do seu controle, para manter uma maior uniformidade na sua produção mensal.

Dessa forma, o critério de melhoria do processo pode estar atrelado às paradas dos equipamentos. Posteriormente, pode-se aprofundar em uma segunda pesquisa para que se possa mitigar melhorias que leve a uma redução das paradas nos equipamentos, visto que pode agregar valor financeiro a empresa.

Referências

ALCARDE, A. R. Processamento da cana-de-açúcar. Brasília: Embrapa, 2007.

ANDRADE, C, et al. Ciência de agricultor: Procedimento de Análises Laboratoriais - Grau Brix. Disponível em: <<http://cienciadeagricultor.blogspot.com.br/2013/07/grau-brix.html>>. Acesso em: 25 out. 2016.

ANDRADE, S.A.C.; CASTRO. S.B. Engenharia e tecnologia açucareira. Pernambuco: Departamento de Engenharia Química CTG – UFPE, 2006.

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: Anneel, 2008. 236p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2016.

_____. Biomassa. 2011. 65-74 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em: 14 out. 2016.

AQUINO, A. F. et al. O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim-RN. Revista HOLOS, a.30, v.01, p. 105-125, 2014.

ARAUJO, E. J. S. Determinação de brix refratométrico. 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAyUcAl/analise-alimentos-brix>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

AUDE, M. I. S.; MARCHEZA, E.; PIGNATARO, I. A. B.; PASQUALETTO, A. *Planting dates and its effects on productivity and brix % juice of sugarcane*. Cienc. Rural vol.22 no. 2 Santa Maria, 1992.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. Revista Ciência e Cultura, v.60, n.3, p. 20-29, set. 2008.

BIASE, L. P. de. Workshop de gestão de energia e resíduos na agroindústria sucroalcooleira: aspectos gerais da concentração das vinhaças. Pirassununga, 2007.

BICHARA, N. Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros 2014. Disponível em: <<http://www.lamasbier.com.br/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densímetros-e-refratômetros.html>>. Acesso em: 25 out. 2016.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Sugarcane-Based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*. 1st. Rio de Janeiro: BNDES' Communication Department, 2008.

CARVALHO, T. C.; SILVA, C. L. da. Redução da quantidade de vinhaça através da evaporação. 2010. Disponível em: <<http://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IVSeminaro/anais/ACTulioCamacarideCarvalho.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

CASTRO, H. F. Indústria açucareira. 2001. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

CORAZZA, R. L. Políticas públicas para tecnologias mais limpas: uma análise das contribuições da economia do meio ambiente. 2001. 78f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CRUZ, L. F. L. S. Viabilidade técnica/econômica/ambiental das atuais formas de aproveitamento da vinhaça para o Setor Sucroenergético do estado de São Paulo. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

EMBRAPA. Melhoramento de microrganismos para aplicações em biorefinarias. 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=27735&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 25 out. 2016.

GARCIA, S. N. P. A rentabilidade da cadeia de suprimentos vista estrategicamente a partir da margem de contribuição: o caso da indústria do álcool combustível do estado de São Paulo. 2005. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERG, J. *The ethanol program in Brazil*. Environ. Res. Lett. 1, 2006.

ISEJIMA, E. M.; COSTA, J. A. B.; SOUZA JUNIOR, D. I. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n.5, p. 729-734, 2002.

LELIS NETO, J. A. Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

LOPES, A. A usina de açúcar e sua automação. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.scribd.com>>. Acesso em: 20 out. 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 9, de 02 de junho de 2005.

MEZAROBA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GROFF, A. M. Processos de produção de açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, IV, 2010, Campo Mourão. Anais... Campo Mourão: FECILCAM, 2010. 10p.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. Editora LTC, 4° Ed. Rio de Janeiro, 2009.

REIN, P. Engenharia do açúcar de cana. Verlag Dr. Albert KG – Berlin, 2013.

SALOMON, K. R. Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade. 2007. 247f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. A história da cana-de-açúcar - da antiguidade aos dias atuais. Araçatuba, 2012. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>>. Acesso em: 13 set. 2016.

VIANA, A. B. Tratamento anaeróbio de vinhaça em reator UASB operado em temperatura na faixa termofílica (55°C) e submetido ao aumento progressivo de carga orgânica. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

WADT, L.C. Cultivo de *Pleurotus* ssp. em vinhaça visando a produção de biomassa e exopolissacarídeos. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e Ambiente) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2008.

ZENEON, O.; PASCUET N. S.; TIGLEA, P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.