

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CANA CRUA PICADA SUBMETIDA AO ARMAZENAMENTO E INFLUÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOETANOL NO INÍCIO DE SAFRA

BRUNA NAYARA JORGE VIOLA

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
Nilo De Stéfani - Jaboticabal, para obtenção do
título de Tecnólogo em Biocombustíveis.**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Viola, Bruna Nayara Jorge

V795c Cana crua picada submetida ao armazenamento e influência sobre a produção de bioetanol no início da safra / Bruna Nayara Jorge Viola.— Jaboticabal : Fatec Nilo De Stéfani, 2015.
23 p.

Orientador: Leonardo Lucas Madaleno

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani - Jaboticabal, 2015.

1. Provisionamento de cana. 2. Colheita de cana crua. 3. Produção de Bioetanol. I. Madaleno, L. L. II. Título.

CDD 663.13

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CANA CRUA PICADA SUBMETIDA AO ARMAZENAMENTO E INFLUÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOETANOL NO INÍCIO DE SAFRA

AUTOR: BRUNA NAYARA JORGE VIOLA

ORIENTADOR(A): PROF. DR. LEONARDO LUCAS MADALENO

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à Fatec-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

PROF. DR. LEONARDO LUCAS MADALENO

MS. RODRIGO VEZZANI FRANZÉ

PROF. MS. JOÃO ROBERTO DA SILVA

Data da apresentação: 26 de junho de 2015.

CANA CRUA PICADA SUBMETIDA AO ARMAZENAMENTO E INFLUÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOETANOL NO INÍCIO DE SAFRA

RAW SUGARCANE SUBMITTED TO STORAGE AND INFLUENCE IN BIOETHANOL PRODUCTION ON BEGINNING SEASON

Bruna Nayara Jorge Viola⁽¹⁾

Resumo

Diante das profundas alterações no setor sucroenergético, as áreas destinadas a produção de cana-de-açúcar vem apresentando modificações no modo de colheita. A maneira utilizada atualmente é o mecanizado, sem queima da cana. No entanto, estudos com a qualidade dessa nova matéria-prima são escassos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi verificar a influência dos tempos de armazenamento da cana crua picada na qualidade do mosto, fermentação alcoólica e do vinho para a produção de bioetanol no início da safra 2015/16. Neste estudo foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos aplicados foram os tempos de armazenamento crescentes de 0, 6, 12, 18 e 24h após a chegada da cana na usina. Essa matéria-prima foi deixada as condições ambientais existentes sem nenhuma proteção dentro de caixas que simulam o local de armazenamento, como o utilizado pela maioria das usinas. Foram realizadas análises da qualidade do mosto preparado com uso do caldo extraído dos tratamentos, da fermentação e da qualidade do vinho obtido. A maioria dos blocos, que foram utilizados para separar cada dia de colheita, apresentou diferença significativa nas análises do processo fermentativo e qualidade do mosto e vinho. Foi possível visualizar que o armazenamento da cana crua picada até 24h no início de safra não alterou a quantidade produzida de etanol no processo fermentativo. No entanto,

1 Graduando em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec Nilo De Stéfani - Jaboticabal. Endereço eletrônico: brunaviola@bol.com.br

diminuiu a quantidade de açúcares redutores totais do mosto, aumentou o pH e reduziu a acidez do vinho.

Palavras-chave: *Saccharum* spp. *Saccharomyces cerevisiae*. Preparo do mosto. Fermentação etanólica. Vinho. Provisionamento de cana.

Abstract –

In the face of deep changes in the sugarcane industry, the area for sugarcane production has been showing changes in the harvest mode. The way used is mechanized without burning cane. However, studies with the quality of this new raw materials are scarce. Thus, the aim of this study was to investigate the influence of the cut raw cane storage periods on the quality of mash, ethanol fermentation and wine production in the beginning of the season 2015/16. Design in randomized blocks was used, with five repetitions. The treatments were the growing storage times: 0, 6, 12, 18 and 24 hours after the sugarcane arrival in the mill. This raw material was left in environmental conditions without any protection in boxes that simulate the storage location, as used by most sugar mills. Analyses were made of the quality of the mash prepared with use juice extracted for each treatment, the fermentation and the quality of the wine obtained. Blocks that were used to separate each harvest day showed a significant difference in the analysis of the fermentation process and quality of the mash and wine. We observed that raw cane storage up to 24 hours earlier harvest did not change the amount of ethanol produced in the fermentation process. However, decreased the amount of total reducing sugars of the mash, increased pH and decreased the acidity of the wine.

Keywords: *Saccharum* spp. *Saccharomyces cerevisiae*. Preparation of wine. Ethanol fermentation. Wine. Provisioning cane.

1 Introdução

O setor sucroenergético pode ser considerado um dos exemplos mais bem-sucedidos de estratégia integrada de desenvolvimento econômico descentralizado, capaz de atingir elevado grau de sustentabilidade ao longo do tempo. Mesmo com o atual cenário de crise no setor, pressionado principalmente pela elevação de custos de produção e a concorrência com os preços que foram administrados da gasolina, estima-se no Brasil um acréscimo na área plantada de 286,6 mil hectares na temporada 2014/15, equivalendo a 3,3% de crescimento em relação à safra 2013/14, segundo dados da CONAB (2014).

A cana-de-açúcar é um importante produto do agronegócio brasileiro, em que o setor apresenta vantagens competitivas em relação à disponibilidade de terras, condições climáticas, tecnologias e experiência (SILVA et al, 2010). A partir da cana-de-açúcar é possível a produção de açúcar e etanol. O etanol, também denominado álcool etílico, álcool combustível ou simplesmente álcool, é produzido a partir da fermentação dos açúcares encontrados em vegetais como cereais, milho, beterraba e cana-de-açúcar. A fermentação ocorre por meio das leveduras que são agentes biológicos que permitem a obtenção do etanol em baixas concentrações, sendo necessária a remoção do excesso de água e compostos secundários por meio da destilação (RODRIGUES, 2010).

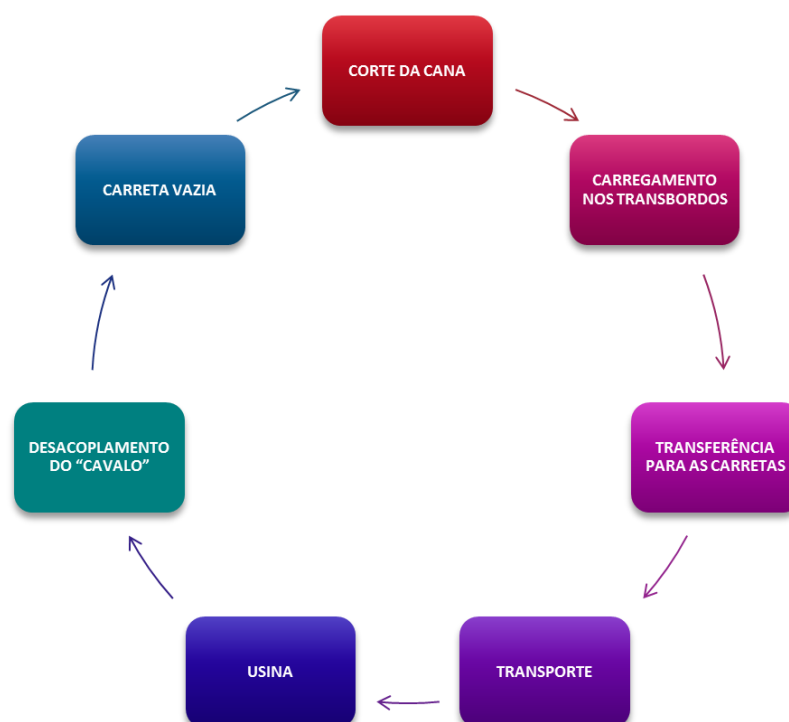
O Brasil é o maior produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar, segundo dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICADATA, 2015), foram processadas no estado de São Paulo na safra 2013/2014 aproximadamente 368 mil toneladas de cana, cerca de 24 mil toneladas de açúcar. Para o etanol foi produzido aproximadamente 14 mil metros cúbicos de etanol (anidro e hidratado). Em torno de 60% do custo de produção do etanol e açúcar está na área agrícola, no processo de colheita da matéria-prima do processo: a cana-de-açúcar.

Considerando-se que a qualidade da matéria-prima é definida como o conjunto de características que deve apresentar atendendo as exigências da indústria por ocasião do processamento, verifica-se que há variação natural destes parâmetros, que deve ser compatível com o processo. Neste contexto, quanto melhor e mais adequadas forem às condições de cultivo, melhor poderá ser a qualidade da matéria-prima, com maior acúmulo de açúcar e consequentemente a rentabilidade nos produtos finais da indústria sucroenergética (MUTTON, 2008). A matéria-prima com qualidade tecnológica considerada ideal para o processamento industrial deve conter colmos maduros ou em estágio avançado de maturação,

sadios, recém-cortados, livres de impurezas e com o mínimo possível de ocorrência de pragas ou doenças (MAGALHÃES et al., 2008).

A colheita passou do manejo tradicional de colheita manual de cana inteira com queima prévia, para o manejo de colheita mecanizada de cana picada sem queima do canavial, conhecida como cana crua (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). Para essa colheita três áreas estão envolvidas, o corte propriamente dito, carregamento do transbordo e posterior carretas do caminhão e o transporte rodoviário até a usina. Quando a matéria-prima chega à usina o “cavalo” (parte do caminhão onde se encontra o motor e o motorista) se desprende da(s) carreta(s) que contém os colmos e impurezas e se liga a outra carreta vazia e vai para a mesma frente de colheita ou outra frente conforme a logística da usina. Este esquema de atividade é conhecido como sistema “bate-volta”. A carreta que ficou na usina, pode esperar de 0 a 24 h para ser descarregada na mesa lateral e seguir para os processos de produção. O tempo médio é de 2 h de permanência para moagem.

Figura 1. Esquematização do sistema “bate-volta” nas usinas sucroalcooleiras.



Os estudos sobre a qualidade da matéria-prima são muito amplos e, apesar da quantidade, existem lacunas que ainda precisam ser preenchidas para aumentar a eficiência da indústria. Uma das lacunas é o provisionamento da cana crua picada que chega à unidade industrial. Atualmente, as usinas sucroenergéticas têm utilizado o sistema “bate e volta” para colheita da cana, por ser o mais rápido e eficiente método, para que não falte cana ao processamento industrial.

O tempo para cana crua picada ficar provisionada é um fator a ser estudado, pois em média aproximada, a cana que chega à indústria demora em torno de 2h para ser processada, sem contar o tempo de transporte do campo para a usina que em gira em torno de 30 a 40 min. Como a cana é picada em toletes que medem de 10 a 20 cm, o processo de degradação pode ser mais rápido do que a cana inteira queimada, por possuir maior área de contato (locais de corte expostos). A hipótese é de quanto tempo, após a chegada da matéria-prima na usina, se pode esperar para que a cana crua picada possa ser processada sem que haja perda de qualidade e quantidade dos produtos finais.

O objetivo do trabalho foi verificar a influência dos tempos de armazenamento da cana crua picada na qualidade do mosto, fermentação alcoólica e do vinho para a produção de bioetanol no início da safra 2015/16.

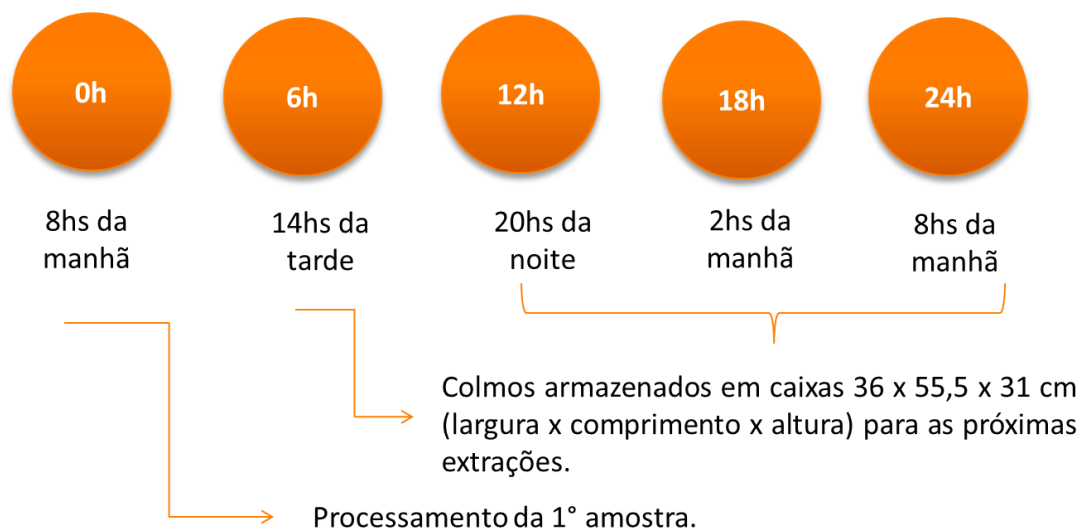
2 Material e Métodos

2.1 Local e delineamento experimental

O experimento foi realizado em parceria entre a FATEC Jaboticabal e a Usina Santa Fé, localizada em Nova Europa-SP. A usina fez a colheita da matéria-prima e fez a extração no laboratório de pagamento de sacarose (PCTS) e na FATEC foi realizado o preparo do mosto, fermentação alcoólica, análises microbiológicas e posterior análise na qualidade do vinho obtido.

O delineamento experimental utilizado para esse estudo foi o em blocos casualizados com 5 repetições. Os tratamentos aplicados foram os tempos de armazenamento, a saber: testemunha (horário de chegada da cana na usina, com processamento imediato, sendo este o tempo zero) 6, 12, 18 e 24h após a chegada da cana.

Figura 2. Representação do delineamento experimental utilizado em blocos casualizados e os tratamentos aplicados.



2.2 Armazenamento da cana e extração do caldo

A cana-de-açúcar foi colhida nos dias 18, 19, 20, 23 e 25 de maio de 2015, da primeira frente de colheita da usina às 7:00h da manhã. A matéria-prima foi retirada do transbordo, adicionada em caixas de laranja que foram rapidamente conduzidas para a Usina pela equipe responsável pela qualidade da matéria-prima. No momento de chegada (tempo zero), uma amostra de aproximadamente 12 kg foi processada para extração para produção de etanol. Após 6 horas, outra amostra foi realizada e assim nos tempos de 12, 18 e 24h. A simulação da cana que fica esperando foi igual ao que ocorre na carreta que fica no pátio da usina. A cana foi deixada ao lado de fora exposta às condições ambientais em caixas plásticas de feira medindo aproximadamente 36 x 55,5 x 31 cm (largura x comprimento x altura), semelhante à carreta (Figura 3).

Os colmos foram desintegrados e procedeu-se a extração por prensa hidráulica, conforme Tanimoto (1964). O caldo foi prontamente congelado a -20°C em freezer e após 24 h do último congelamento (tempo de 24h de armazenamento + 24h de espera para congelamento), os caldos foram conduzidos para a Fatec Jaboticabal para descongelamento e preparo do mosto para o processo fermentativo.

Figura 3. Matéria-prima colocada em caixas plásticas de feira para simulação dos tempos de armazenamento de cana na usina Santa Fé, Nova Europa, Safra 2015/16.



2.3 Preparo do mosto e realização do processo fermentativo

Para o preparo foi necessário diluir o caldo de cana para 14° Brix. O pH do mosto foi também corrigido para 4,5 com a adição de ácido sulfúrico (5 N). Em seguida, foram realizadas as análises de qualidade através da determinação da acidez total (CTC, 2011) e açúcares redutores totais (ART), de acordo com Lane e Eynon (1934).

Para todos os tratamentos foi utilizada levedura prensada, *Saccharomyces cerevisiae*, na proporção de 30 g L⁻¹. Na pré-fermentação a levedura foi distribuída em béqueres com 50 mL de solução de glicose 1% por 1h, para o preparo do fermento de cada tratamento. Em seguida, o fermento foi levado à centrifugação em centrífuga Sppencer 80-2b, a 3000rpm por 5 min. Depois, foi retirado o sobrenadante e as leveduras foram transferidas para um erlenmeyer de 1L, com lavagem dos tubos da centrífuga utilizando-se de 100 mL do mosto do respectivo tratamento (Figura 4 A).

As alimentações seguintes, para adaptação da levedura à concentração elevada de açúcares, com 100 mL de mosto, foram cronometradas de 15 em 15 minutos até atingir o volume total de 500 mL. Após 15min da última alimentação foram retiradas amostras para a análise de viabilidade celular e contaminação inicial. Em seguida, os erlenmeyes foram levados para B. O. D., com controle de temperatura a 32°C, conforme a Figura 4A e 4B.

O final do processo fermentativo ficou estabelecido com medições da concentração de sólidos solúveis (densímetro manual – sacarímetro, com correção de temperatura). Quando os valores foram menores do que 1 °Brix, se contabilizou o tempo total do processo, e a fermentação foi finalizada. Em seguida, foram retiradas amostras para verificação da viabilidade celular de leveduras e contaminação final. Logo após, foram realizadas análises tecnológicas no vinho obtido.

A análise de viabilidade celular foi realizada conforme Lee et al., (1981) no início e no final da fermentação de todos os ensaios. Para verificar a contaminação foi realizada a contagem de colônias por plaqueamento em PCA, conforme Ravaneli et al., (2011). A inoculação da placa foi realizada em câmara de fluxo laminar, Pa 50 Pachane, sendo em seguida, levada à estufa (Biopar). Após 48h, foi realizada a contagem dos microrganismos totais. Para a contagem das colônias de bactérias, foi utilizada como ferramenta a lupa modelo Nova optical Systems XTS -20, Zoom Stereo Microscope.

2.4 Análises da qualidade do vinho obtido

No vinho foram realizadas análises de acidez sulfúrica (H_2SO_4 g L^{-1}), Teor Alcoólico (%) do vinho, pH, açúcares redutores residuais totais (ARRT), glicerol, conforme CTC (2011). A quantidade de álcool produzido (mL) foi calculada levando-se em consideração a produção de vinho multiplicado pelo teor alcoólico obtido. Em seguida, foi realizado o cálculo de eficiência fermentativa (%) dividindo-se o etanol produzido pelo etanol teórico, segundo Fernandes (2011). Também, segundo o último autor, foi realizado o cálculo da eficiência fermentativa utilizando os subprodutos do processo fermentativo: acidez, produção de fermento, ARRT e glicerol.

Figura 4. Processo fermentativo da matéria-prima com diferentes tempos de armazenamento.

A. Preparo do processo fermentativo com adições de 100 mL de mosto a cada 15min. até atingir o volume de 500 mL; **B.** Detalhe dos erlenmeyers colocados em fermentação a 32 °C na B. O. D.



2.5 Análises estatística

Os resultados foram submetidos à análises de variância pelo Teste F e regressão polinomial para os que apresentaram resultado significativo para o Teste F (BANZATTO;KRONKA, 2006).

3 Resultados e Discussão

3.2 Datas de amostragem e controle do processo de armazenamento.

Os dias de colheita ocorreram de modo não linear, pois houve precipitação de em torno 47mm no dia 20 de maio na usina Santa Fé, Nova Europa-SP (Tabela 1). Este fato impossibilitou a colheita das repetições 4 e 5 no dia 21 e 22 de maio como estava programado. Somente nos dias 23 e 25 houve a melhora na qualidade do caldo (dados não mostrados). A maioria dos blocos, que foram utilizados para separar cada dia de colheita (e os efeitos de variedade, tipo de solo e outros), apresentou diferença significativa nas análises do processo fermentativo e qualidade do mosto e vinho. A diferença de dias não será discutida, pois não é o objetivo do presente estudo, sendo natural que os diferentes dias de processamento tenham matérias-primas diversas no início da safra, por causa da dificuldade na realização da colheita da cana em períodos de chuva. Mesmo assim, vale ressaltar que a quantidade de impurezas minerais e vegetais da carga em que fora retiradas amostras para a caixa estavam extremamente elevadas.

Ressalta-se que o estudo foi realizado até o tempo de 24h, pois após esse tempo a cana poderia ser descartada ou ser agrupada a outra matéria-prima (procedimento efetuado pela usina), que tenha qualidade para ser utilizado no processo que poderia descaracterizá-la.

Tabela 1. Precipitação, temperaturas máxima e mínima, impureza mineral e vegetal nos dias de colheita para a primeira época de armazenamento da cana picada, safra 2015/2016.

Dias	Precipitação (mm)*	Temp. Máx.*	Temp. Mín.*	Impureza Mineral (%)**	Impureza Vegetal (%)**
18/05	-	22	16	1,8	7,05
19/05	-	26	17	1,734	7,93
20/05	47	22	17	3,525	13,76
23/05	-	25	16	4,647	7,96
25/05	-	29	15	2,893	13,95

*Estação agrometereológica de Ibitinga-SP – INMET (2015), 28 km de Nova Europa-SP;

**Dados coletados na área agrícola da Usina Santa Fé-SP

3.1 Qualidade do mosto

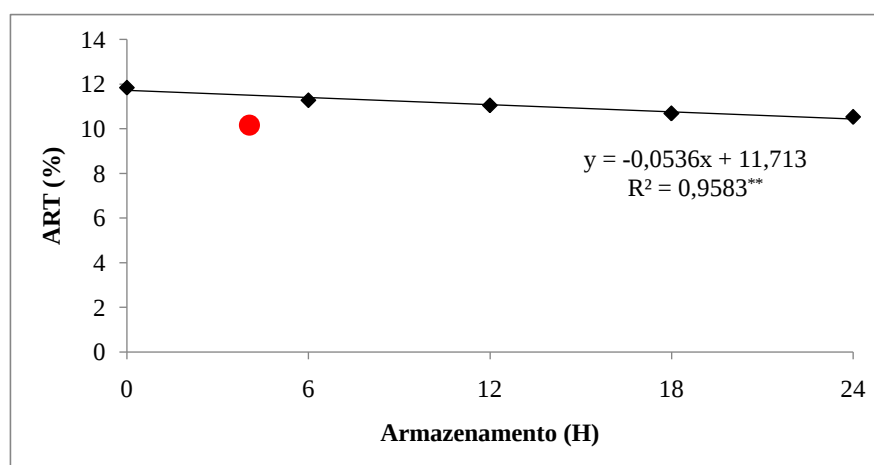
Na Tabela 2 verificou-se que houve diferença significativa para os tratamentos em relação à quantidade de açúcares redutores totais (ART). Na Figura 5 se observa que a medida que se aumenta o tempo de armazenamento diminui o teor de ART. No tempo de 2h de espera, comumente que ocorre na usina, se observa a redução de 1 % na quantidade de ART e 12,5% se o tempo fosse de 24h em relação ao processamento imediato, com significativa redução da quantidade de açúcares disponíveis. No entanto, como se observará a seguir, a quantidade diferente de açúcares não influenciou significativamente na produção de etanol e eficiência fermentativa.

Tabela 2. Análise de variância para os tratamentos 0, 6, 12, 18 e 24 h de armazenamento de cana crua picada e blocos para o Brix, pH, Acidez ($\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$) e ART (%) do mosto para o início de safra (2015/16).

Causas de Variação	Brix	pH	Acidez	ART
<i>Tempos de Armazenamento (F)</i>	1,0494 ^{ns}	0,6643 ^{ns}	1,9744 ^{ns}	7,2739 ^{**}
0	13,28	4,49	2,51	11,84
6	13,28	4,50	2,56	11,27
12	12,94	4,50	2,46	11,04
18	12,86	4,43	2,66	10,68
24	12,88	4,50	2,66	10,52
DMS	0,9059	0,0231	0,2739	0,8366
<i>Blocos (F)</i>	32,3645 ^{**}	0,5936 ^{ns}	169,7450 ^{**}	42,1858 ^{**}
18/5	14,08 A	4,50 A	3,78 A	12,10 A
19/5	13,84 A	4,50 A	2,00 C	12,07 A
20/5	11,40 B	4,50 A	2,81 B	9,40 B
23/5	12,18 B	4,50 A	2,61 B	10,06 B
25/5	13,74 A	4,49 A	1,65 D	11,71 A
DMS	0,9059	0,0231	0,2739	0,8366
CV	3,58	0,26	5,49	3,89

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação (%)

Figura 5. Açúcares redutores totais (%) em função dos tempos de armazenamento (horas) da cana crua picada durante o início de safra (2015/16), Nova Europa-SP.



** Significativo a 1% de probabilidade pela análise de regressão polinomial. Ponto vermelho seria o que ocorre no tempo de 2h, utilizando-se da regressão linear.

3.2 Análises microbiológicas e tempo de fermentação

Nas Tabelas 3 e 4 se verificou que não houve diferença significativa para análises microbiológicas e para o tempo de fermentação. Novamente, houve diferença significativa para os blocos, indicando que as matérias-primas processadas possuíam qualidade distinta.

A viabilidade celular não foi influenciada pelo tempo de armazenamento, mas diminuiu do início (97,97%) para o final da fermentação (94,44), no entanto, acima do recomendado para processos fermentativos, que é de 85% (RAVANELI et al., 2011). A contaminação em todos os dias foi muito elevada, chegando a 10^6 UFC/mL no início e 10^7 UFC/mL no final da fermentação e o tempo médio de fermentação também foi alto. Pela quantidade do Brix inicial (14°) era para a fermentação ser mais rápida e o tempo médio foi de 477 min. ou 8:35h, semelhante da média de usinas, porém, na indústria o Brix inicial é de no mínimo 18°Brix para caldo de cana e de 26 °Brix para mosto produzido a partir de melaço, sendo o tempo de fermentação de 6 a 10h (AMORIM et al., 1996).

Tabela 3. Análise de variância para os tratamentos 0, 6, 12, 18 e 24 h de armazenamento de cana crua picada e blocos para viabilidade inicial (%) e final (%) de células de levedura durante o processo fermentativo para o início de safra (2015/16).

Causas de Variação	Viabilidade Inicial	Viabilidade Final
<i>Tempos de Armazenamento (F)</i>	0,6163 ^{ns}	0,8088 ^{ns}
0	98,18	96,73
6	98,29	94,22
12	98,46	96,12
18	97,2	97,00
24	97,73	94,89
DMS	2,8102	5,7719
<i>Blocos (F)</i>	1,5945 ^{**}	0,6440 ^{ns}
18/5	98,83 A	96,18 A
19/5	97,11 A	94,14 A
20/5	97,33 A	96,94 A

23/5	98,83 A	96,28 A
25/5	97,76 A	95,43 A
DMS	2,8102	5,7719
CV	1,48	3,1

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação (%)

Tabela 4. Análise de variância para os tratamentos 0, 6, 12, 18 e 24 h de armazenamento de cana crua picada e blocos para contaminação inicial (10^6 UFC/mL) e final (10^7 UFC/mL) e tempo total de fermentação (min.) durante o processo fermentativo para o início de safra (2015/16).

Causas de Variação	Contaminação Inicial	Contaminação Final	Tempo de Fermentação (min.)
<i>Tempos de Armazenamento (F)</i>	1,7823 ^{ns}	0,3043 ^{ns}	0,3229 ^{ns}
0	166,72	52,52	485,60
6	164,82	62,8	491,00
12	140,86	68,8	456,00
18	173	74,8	469,20
24	211,8	68	478,00
DMS	83,3987	65,7482	105,7806
<i>Blocos (F)</i>	14,9726 ^{**}	17,5177 ^{**}	3,4980 [*]
18/5	226,00 A	168,20 A	512,00 AB
19/5	41,60 B	85,26 B	407,20 B
20/5	186,00 A	32,00 BC	462,40 AB
23/5	212,40 A	23,26 BC	521,80 A
25/5	191,20 A	18,20 C	476,40 AB
DMS	83,3987	65,7482	105,7806
CV	25,06	51,81	11,45

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação (%)

3.3 Qualidade do vinho obtido.

O °Brix final, teor de álcool e eficiência fermentativa, ARRT, glicerol e eficiência fermentativa utilizando os subprodutos no cálculo não foram influenciados pelos tratamentos

crescentes de tempo de armazenamento (Tabela 5 e 6). No entanto, o pH e a acidez apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. O pH se elevou (Figura 6A) e a acidez diminuiu (Figura 6B) no vinho, conforme o tempo de armazenamento. O menor pH e maior acidez poderiam indicar menor atividade metabólica das leveduras, pois naturalmente, quanto mais intensa a atividade metabólica maior quantidade de ácidos formados durante a fermentação (AMORIM et al., 1996).

Tabela 5. Análise de variância para os tratamentos 0, 6, 12, 18 e 24 h de armazenamento de cana crua picada e blocos para Brix, pH, Acidez ($\text{gH}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$), teor alcoólico (%) do vinho e Eficiência Fermentativa para o início de safra (2015/16).

Causas de Variação	Brix	pH	Acidez	Teor Alcoólico	Eficiência Fermentativa
<i>Armazenamento (F)</i>	0,9891 ^{ns}	4,7155 [*]	4,7155 [*]	1,5349 ^{ns}	1,2424 ^{ns}
0	1,12	4,16	4,16	6,25	73,27
6	1,46	4,16	4,16	6,05	74,71
12	1,02	4,17	4,17	5,78	72,96
18	1,52	4,20	4,20	5,88	76,69
24	1,58	4,24	4,24	5,90	77,65
DMS	1,1022	0,0691	0,0691	0,6376	8,0546
<i>Blocos (F)</i>	4,3752 ^{**}	51,2561 ^{**}	51,2561 ^{**}	21,6706 ^{**}	1,6030 ^{ns}
18/5	2,14 A	4,24 B	4,24 B	6,46 A	74,26 A
19/5	0,86 B	4,06 C	4,06 C	6,26 A	72,29 A
20/5	1,04 AB	4,24 B	4,24 B	5,04 B	74,43 A
23/5	1,62 AB	4,31 A	4,31 A	5,47 B	75,63 A
25/5	1,04 AB	4,07 C	4,07 C	6,62 A	78,67 A
DMS	1,1022	0,0691	0,0691	0,6376	8,0546
CV	42,38	0,85	0,85	5,5	5,53

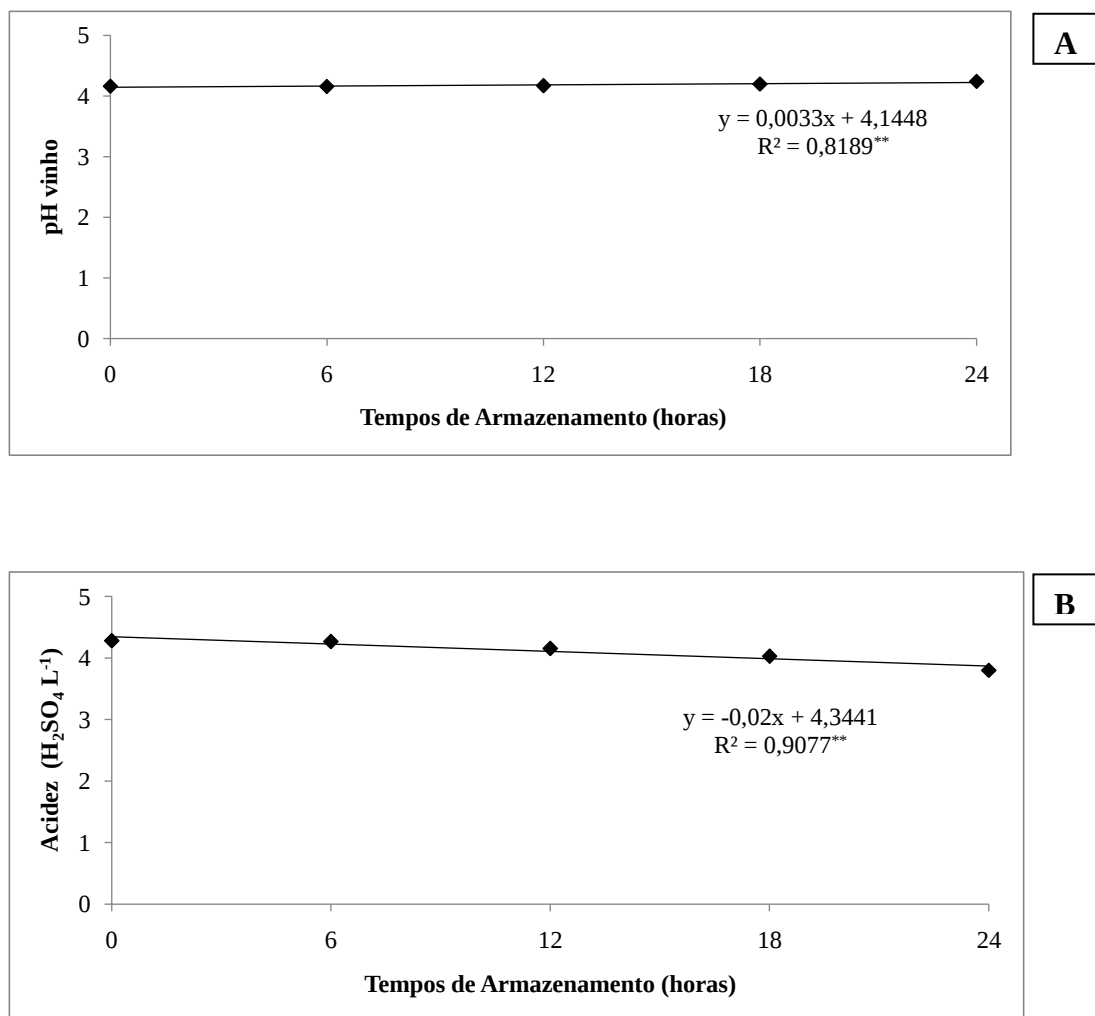
^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação (%).

Tabela 6. Análise de variância para os tratamentos 0, 6, 12, 18 e 24 h de armazenamento de cana crua picada e blocos para açúcares redutores residuais totais (ARRT%), glicerol do vinho e eficiência fermentativa com uso de subproduto no cálculo (%) para o início de safra (2015/16).

Causas de Variação	ARRT	Glicerol	Eficiência Ferm. Subprodutos
<i>Armazenamento (F)</i>	0,4448 ^{ns}	2,2310 ^{ns}	0,2765 ^{ns}
0	0,47	1,02	62,26
6	0,42	1,17	59,98
12	0,49	1,17	62,4
18	0,50	1,11	61,84
24	0,47	1,26	61,18
DMS	0,1871	0,2535	8,1679
<i>Blocos (F)</i>	60,3179 ^{**}	72,1352 ^{**}	1,2046 ^{ns}
18/5	0,71 A	0,68 C	61,80 A
19/5	0,78 A	0,89 C	62,73 A
20/5	0,64 A	0,91 C	57,98 A
23/5	0,05 B	1,31 B	63,20 A
25/5	0,17 B	1,93 A	61,94 A
DMS	0,1871	0,2535	8,1679
CV	20,55	11,40	6,84

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação (%).

Figura 6. Potencial de hidrogênio (A) e acidez ($\text{gH}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$) (B) do vinho em função dos tempos de armazenamento (horas) da cana crua picada durante o início de safra (2015/16), Nova Europa-SP.



****** Significativo a 1% de probabilidade pela análise de regressão polinomial.

É esperado para o pH do vinho os valores de 3,50 e o nível de acidez em torno de 2,50 $\text{g H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ para caldo de cana (RAVANELI, 2010). Entretanto, no presente estudo, o pH e acidez estavam elevados. Esse efeito pode ser devido à baixa qualidade da matéria-prima, provavelmente de cana imatura, pois foi colhida em época de intensa chuva. O pH aumentou de 4,14 para 4,22 e a acidez diminuiu de 4,34 $\text{gH}_2\text{SO}_4 \text{ mL}^{-1}$ para 3,36, respectivamente no tempo de 0 e 24h de armazenamento.

A matéria-prima de qualidade inferior com Brix médio de 13,70; Pol de 9,66; Pureza de 71,93% ante a qualidade requerida para a produção de álcool e açúcar de 18, 15,30 e 85% de Pureza (DINARDO-MIRANDA et al., 2008), temperaturas noturnas médias amenas de 15 a 17°C, elevada quantidade de impurezas minerais (até 35kg/t cana) e vegetais (7,5 a 10%) no período de armazenamento fizeram com que a qualidade da cana não se alterasse significativamente no período de armazenamento de 24h estudado. A matéria-prima não sofreu influência do armazenamento na produção de bioetanol, pois a qualidade tecnológica da matéria-prima era muito ruim e diversa até mesmo entre as caixas. Visualmente, no caldo extraído, se observou em algumas amostras aumento de quantidade de terra adicionada.

É necessário que se realizem estudos em outras épocas para validação dos resultados encontrados neste estudo. É recomendado o estudo do meio (elevada qualidade tecnológica da cana) e o final da safra (novamente baixa qualidade do caldo) para complementação dos resultados obtidos.

4 Conclusões

O armazenamento da cana picada até 24h no início de safra não altera a quantidade produzida de etanol no processo fermentativo. No entanto, diminui a quantidade de açúcares redutores totais do mosto, aumenta o pH e reduz a acidez do vinho obtido.

5 Agradecimentos

A todo instante agradeço a Deus por sempre conduzir os meus sonhos e aqui estar podendo realizar a conclusão de mais um deles. Agradeço também por ser a minha esperança nos momentos de luta e medo.

Ao meus pais Sônia e José Viola e aos meus irmãos por sempre confiar em mim, por passar o pouco de sabedoria que tiveram em suas vidas e ensinar o respeito e a humildade com todos.

Ao meu namorado Guilherme que a todo momento incentivou a ingressão nesta faculdade, o apoio nos momentos de choro, a compreensão nas minhas decisões e o companheirismo nesta jornada.

A todos os meus amigos de faculdade, em especial o André, Anderson, Francieli, Gentil, Mayara e Samira pelos momentos de alegria e tristeza, pela motivação para chegar até o final e por toda a felicidade que tivemos desde o início da faculdade.

Ao meu orientador Leonardo por acolher a ideia deste projeto, o empenho dedicado para a realização deste trabalho e o apoio em todos os momentos.

A Fatec e a Usina Santa Fé pela disponibilização de recursos para que este trabalho acontecesse.

Referências

AMORIM, H.V.; BASSO, L.C.; ALVES, D.G. Processos de produção de álcool –controle e monitoramento. Piracicaba: FERMENTEC/FEALQ/ESALQ-USP, 1996, 93p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 3. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 237p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**, Segundo Levantamento, Brasília, 2014. 18p.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2011. Disponível em CD Rom.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Cana-de-açúcar. Ed: Instituto Agrônomo, Campinas, 2008, 882p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da Cana-de-açúcar**. 3ª Edição, STAB: Piracicaba, 2011, 416p.

INMET, Portal. Disponível em:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf.>
Acesso em 14 jul.2015.

LANE, J.H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. Norman Rodger, London, 8p. (1934).

LEE, S. S.; ROBINSON, F. M., WONG, H. Y. Rapid determination of yeast viability. *Biotechnology Bioengineering Symposium*, n. 11, 1981.

MAGALHAES, P. S. G.; BALDO, R. F. G.; CERRI, D. G. P.. Sistema de sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o veículo de transbordo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 2, 2008.

MUTTON, M. J. R. Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica. WORKSHOP sobre “**Produção de etanol: qualidade da matéria-prima**”. Lorena, 2008.

RAVANELI, G. C. **Qualidade da matéria-prima, microbiota fermentativa e produção de etanol sob ataque de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar**, Jaboticabal, 2010. 90f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

RAVANELI, G. C.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; STUPIELLO, J. P.; MUTTON, M. J. R. Spittlebug impacts on sugarcane quality and ethanol production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 120-129, 2011.

RODRIGUES, L.D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. 2010. 64f. Categoria de Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

SILVA, V. S.; GARCIA, C. A.; DA SILVA, C. M. O destino do bagaço da cana-de-açúcar: um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 3, n. 1, p. 59-76., 2010. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/viewFile/1360/1018>> Acesso em: 25 jan. 2015.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. *Hawaiian Planter's Record*. Aiea, 57, p.133- 150, 1964.

UNICADATA. Produção. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br>> Acesso em: 25 jan.2015.