Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

IMPUREZAS VEGETAIS NA QUALIDADE DO BIOETANOL: avaliação cromatográfica de compostos do destilado obtido das variedades RB975201 e cana energia Vertix 3

Vegetal impurities in bioetanol quality: chromatographic evaluation of distillate compounds obtained from RB975201 and Vertix 3 energy cane varieties

Laís Cozer Araujo Rossetti[I]
Márcia Justino Rossini Mutton[II]
Lidyane Aline de Freita[III]
Natália Novais Ribeiro[IV]
Kátia Gabriela de Natale[V]

RESUMO

A cana-de-açúcar se destaca como cultura de grande importância no Brasil, utilizada como principal matéria-prima para a produção de bioetanol. Devido a robustez e aptidão a áreas mais restritivas, a cana energia torna-se uma opção para incremento da produtividade. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das impurezas vegetais na composição do destilado obtido do processamento da cana comercial RB975201 e cana energia tipo 1 através da cromatografia gasosa quanto as concentrações de acetona, isopropanol, diacetil, n-butanol, furfural, metanol, acetato de etila, acetal, acetaldeído, n-propanol, isso-butanol, iso-amílico e valores totais. Estas análises são importantes para o controle e conhecimento da qualidade do etanol comercializado. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados num esquema de parcelas subdivididas (slip-plot), com 4 repetições. Os tratamentos principais foram caracterizados pelas variedades de cana (RB975201 e Vertix 3 Tipo 1) e os secundários aos teores de impurezas vegetais (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). As concentrações mais elevadas foram dos álcoois superiores totais, preponderando o iso-amílico e iso-butílico. As concentrações dos componentes avaliados (mg/L) se mostram variáveis com o incremento da impureza vegetal nas duas variedades, observando maior produção de diacetil, metanol, acetato de etila e acetal no destilado da cana comercial; e acetona, acetato de etila e acetal no destilado obtido da cana energia.

Palavras-chave: biocombustíveis; análises de etanol combustível; matéria-prima; qualidade; *Saccharum* spp.

[I]Mestre em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Jaboticabal, laisc_araujo@hotmail.com.
[II]Professora Doutora do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP),Campus de Jaboticabal, mjr.mutton@unesp.br.
[III]Doutora em Microbiologia Agropecuária, Pesquisa e Desenvolvimento Kracht Landbouw Wetenshape, lidyane.freita@gmail.com.
[IV]Doutora em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP),Campus de Jaboticabal, natalia.novais@unesp.br
[V]Mestre em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP),Campus de Jaboticabal, katia.natale@unesp.br.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

ABSTRACT

Sugarcane stands out as a crop of significant importance in Brazil, used as the main raw material for bioethanol production. Due to its robustness and suitability for more restrictive areas, energy cane becomes an option for increasing the biofuel yield productivity. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of vegetal impurities on the composition of the distillate obtained from the processing of commercial sugarcane RB975201 and energy cane type 1 through chromatography regarding the concentrations of acetone, isopropanol, diacetyl, n-butanol, furfural, methanol, ethyl acetate, acetal, acetaldehyde, n-propanol, iso-butanol, iso-amyl, and total values. These analyses are important for controlling and knowing the quality of the ethanol. A randomized block design was used in a split-plot scheme, with 4 replications. The main treatments were characterized by sugarcane varieties (RB975201 and Vertix 3 type 1), and the secondary treatments by vegetal impurity contents. The highest concentrations were of total higher alcohols, predominating isoamyl and isobutyl. The concentrations of the evaluated components (mg/L) varied with the increase in vegetal impurity in both varieties, observing a higher production of diacetyl, metanol, ethyl acetate, and acetal in the distillate of commercial sugarcane; and acetone, ethyl acetate, and acetal in the distillate obtained from energy sugarcane.

Keywords: biofuels; fuel ethanol analysis; raw material; quality; *Saccharum* spp.

Data de submissão do artigo: 28/05/2025.
Data de aprovação do artigo: 03/07/2025.
DOI: https://doi.org/10.52138/citec.v17i01.426

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior relevância no agronegócio brasileiro. Somente no Sudeste, a principal região produtora, estima-se uma produção de 434,48 milhões de toneladas na safra 24/25 segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), com uma produção de 28,86 bilhões de litros de etanol.

Para atender à crescente demanda, incrementar a produtividade sem aumentar custos e com tecnologias e maquinários já existentes, a cana energia apresenta-se como uma excelente opção. Segundo a Granbio [s/d], a cana energia produz 2,5 vezes mais biomassa comparada a cana-de-açúcar convencional, aptidão a áreas mais restritivas e apresenta maior longevidade para o canavial. No entanto, há poucos relatos na literatura abordando os impactos das impurezas vegetais no seu processamento para a obtenção de etanol de primeira geração e na composição do destilado.

A eficiência do processo industrial está diretamente relacionada a qualidade da matéria-prima entregue na indústria (Mutton, 1990); colmos de cana limpos, sadios, maduros e frescos é o retrato ideal dela. Entretanto, o aumento de impurezas vegetais adicionadas ao processo devido ao avanço da mecanização no campo, ocasionam uma série de efeitos negativos no processo de fabricação, como alterações nos parâmetros tecnológicos, menor desempenho no processo fermentativo e na qualidade do destilado (Figueiredo, Maciel e Marques, 2008). Dentro do contexto, torna-se necessário a interação entre o processo de produção agrícola para que a matéria-prima chegue à indústria e garanta processamento adequado.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Segundo o estudo de Bovi e Serra (1999), a presença de folhas verdes, secas e palmitos reduz parâmetros de Brix, Pol e Pureza. Um dos principais problemas das impurezas vegetais são o aumento da quantidade de fibra, sendo responsável pelo acúmulo de sacarose no bagaço. Além disso, essas impurezas causam aumento da concentração de amido, dextrana e menor rendimento na fermentação (Fingerut; Paes, 2014).

A destilação tem como objetivo concentrar etanol, eliminar vinhaça e parte das impurezas mais leves. É um processo de separação de líquidos miscíveis através de diferentes pontos de ebulição, uma vez que cada substância volátil apresenta ponto de ebulição diferente, o que permite o sucesso na separação pelo método. O destilado obtido é composto principalmente de água e álcool em proporções variáveis e de componentes secundários em quantidades menores (Silva *et al*., 2009), classificados em álcoois superiores, aldeídos, ésteres, furfural, cetonas e álcoois contaminantes. Tanto para etanol combustível quanto para bebidas destiladas, é desejável a concentração de etanol e a redução de compostos considerados contaminantes do processo (Eustácio *et al*., 2018).

Devido a sua grande importância no comércio econômico e no desenvolvimento de tecnologias, o controle qualitativo do etanol produzido e comercializado exige análises (Feroldi *et al*., 2014) para conhecimento e controle dos contaminantes devido ao papel empregado em motores de automóveis com grandes tecnologias ou processos químicos e catalisadores sofisticados. (Rodgher *et al*., 2006; Okumura, 2003). A presença de contaminantes orgânicos depende da eficiência da destilação (Okumura, 2003), sendo separados em compostos mais voláteis e menos voláteis que o etanol.

Tendo em vista a presença de contaminantes no etanol combustível, a presente pesquisa teve como objetivo estudar os reflexos de diferentes teores de impurezas vegetais na composição dos destilados simples e quantificar os compostos presentes nas amostras.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Álcool, do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

As subseções a seguir apresentarão os materiais e métodos utilizados na pesquisa.

2.1 Preparo dos tratamentos e delineamento experimental

A cultivar comercial RB975201, no 4º estágio de corte, foi cedida por uma unidade sucroenergética localizada na região de Ribeirão Preto/SP e a cana energia Vertix 3 Tipo 1, no 3º estágio de corte, foi cultivada na área experimental do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal/SP

A colheita da cana comercial RB975201 e cana-energia Vertix 3 Tipo 1 ocorreu de 6 a 9 de setembro da safra 2021/2022 no município de Jaboticabal/SP, obtendo-se matéria-prima com maturação média/tardia. A cada dia foram colhidos aproximadamente 15 colmos de cada variedade através de corte manual rente à base, sem queima prévia da palha e processamento dentro do mesmo período.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados num esquema de parcelas subdivididas (slip-plot), com 4 repetições. Os tratamentos principais foram caracterizados pelas variedades de cana (RB975201 e Vertix 3 Tipo 1) e os secundários aos teores de impurezas vegetais (0, 25, 50, 75 e 100%), conforme a Tabela 01:

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 01 - Delineamento experimental com tratamentos principais e secundários

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL					
1)	RB975201 + 0% impureza vegetal		**6)**	Vertix 3 Tipo 1 + 0% impureza vegetal	
2)	RB975201 + 25% impureza vegetal		**7)**	Vertix 3 Tipo 1 + 25% impureza vegetal	
3)	RB975201 + 50% impureza vegetal		**8)**	Vertix 3 Tipo 1 + 50% impureza vegetal	
4)	RB975201 + 75% impureza vegetal		**9)**	Vertix 3 Tipo 1 + 75% impureza vegetal	
5)	RB975201 + 100% impureza vegetal		**10)**	Vertix 3 Tipo 1 + 100% impureza vegetal	

Fonte: autoria própria (2023)

Inicialmente foi aferida a massa de 10 colmos de cada variedade e logo em seguida, as folhas (secas e verdes) e os ponteiros (retirados no ponto de quebra da ponta) foram separados em recipiente grande. Os colmos limpos e a impureza vegetal coletada foram processados separadamente em picador-desintegrador de facas oscilantes. Com os dados obtidos, foram realizados cálculos para composição de 3 kg de amostra (Fotografia 01) para cada tratamento.

Fotografia 1 - Composição dos tratamentos



Fonte: autoria própria (2023)

A seguir, eram tomadas as amostras de cana triturada em quantidade que, para cada tratamento, totalizasse com a impureza 3 kg. Foi uma opção trabalhar com 3 quilos de material para que obtivéssemos caldo suficiente para as análises químico-tecnológica, para o processo de clarificação e para o processo fermentativo. A montagem dos tratamentos (Tabelas 02 e 03) ocorreu da mesma maneira tanto para a cana comercial quanto para a cana energia, sendo realizada conforme exemplo abaixo:

Tabela 02 - Massa de 10 colmos limpos da cana-de-açúcar comercial RB975201 e sua impureza vegetal

MATERIAL	MASSA (KG)
Cana limpa	14,168

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Impureza vegetal	1,871
Total	16,039

Fonte: autoria própria (2023)

Tabela 03 - Massa de cana e impurezas vegetais utilizadas para a obtenção de amostras de 3 kg cana-de-açúcar comercial RB975201 com 0, 25, 50,75 e 100% de impureza vegetal

TEOR DE IMPUREZAS	COLMOS LIMPOS (KG) E IMPUREZA VEGETAL (G)	% DE IMPUREZA COMERCIAL
0%	3 kg	0%
25%	2,768 kg; 232 g	8,38%
50%	2,535 kg; 465 g	18,34%
75%	2,303 kg, 697 g	30,26%
100%	2,071 kg; 929 g	44,85%

Fonte: autoria própria (2023)

2.2 Extração do caldo e obtenção do destilado

A extração do caldo foi realizada em prensa hidráulica, sendo 500 gramas de material submetidos a pressão de 250 $kgf.cm^{-2}$ pelo período de 1 minuto (Tanimoto, 1964). Para a etapa de clarificação, o caldo extraído foi ajustado a pH 6,0 ±0,1 com Hidróxido de Cálcio a 6ºBé e adição de ácido fosfórico na concentração 0,36 g/L caldo. O caldo aquecido até ebulição foi disposto em provetas graduadas contendo polímero Kemira LX, utilizado como auxiliar de sedimentação. Após 20 minutos em repouso, o caldo clarificado foi sifonado.

O caldo clarificado foi padronizado a 16±0,1°Brix, sendo o pH corrigido com ácido sulfúrico até 4,5±0,1, e a temperatura a 32±0,1ºC, obtendo-se o mosto para a produção de etanol. O mosto após preparo foi inoculado com levedura *Saccharomyces cerevisiae* prensada na concentração de 10^7 $UFC.mL^{-1}$, sendo os frascos inoculados mantidos a 32±1ºC durante toda a fermentação. Após o término da fermentação, o vinho levedurado foi centrifugado a 1650 g durante 5 minutos a 20 ºC em centrífuga modelo Himac CR 21G para a obtenção do vinho delevedurado. Os vinhos foram destilados em micro-destilador de álcool modelo TE-012 Tecnal, com um volume de 60 mL recuperando 20 mL do destilado (concentrado 3 vezes).

2.3 Avaliação cromatográfica do destilado

Para determinação da qualidade do destilado, as amostras compostas foram submetidas ao cromatógrafo gasoso utilizando o equipamento Agilent Technologies 7890A, coluna capilar Agilent 19091 V-433, 30,0 m x 250 µm x 1,40 µm nominal. Um autoinjetor/amostrador automático foi usado, com injeção de 10 µL de cada amostra com a rampa de temperatura de 60ºC, 80ºC e 200ºC, empregando-se como gás de arraste ar sintético. O software de cromatografia Agilent OpenLab foi usado para acumular várias amostras e padrões. Os componentes foram identificados e quantificados pela comparação dos tempos de retenção com os padrões.

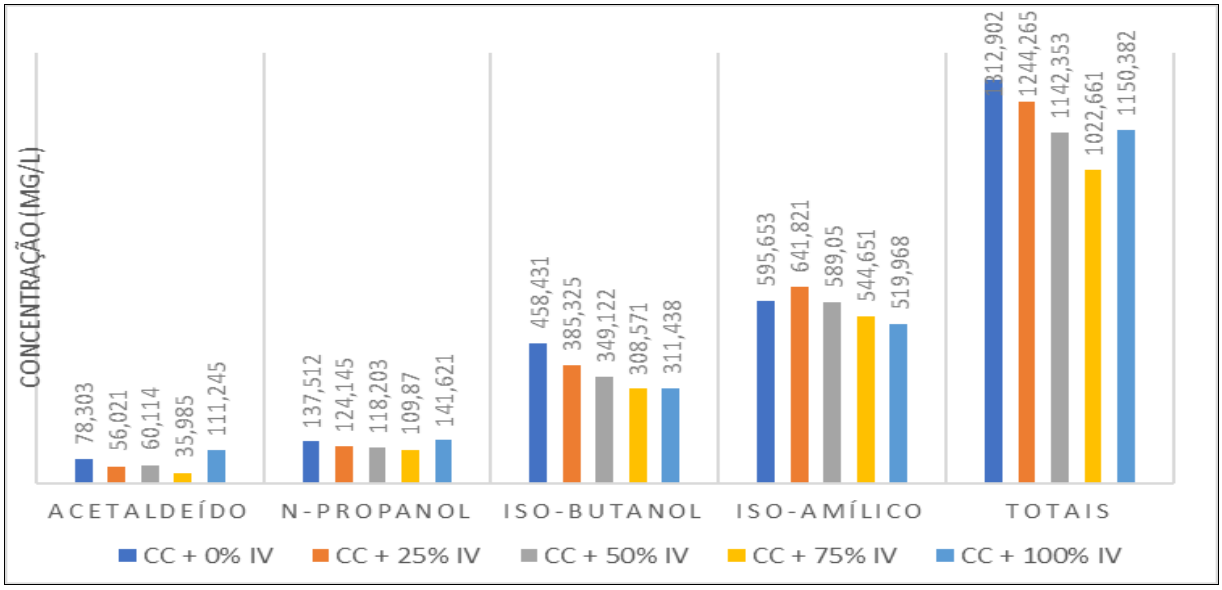
Foram avaliadas as concentrações de acetona, isopropanol, diacetil, n-butanol, Furfural, metanol, acetato de etila, acetal, acetaldeído, n-propanol, iso-butanol, iso-amílico nas amostras compostas com teor alcoólico (%) de 8,01% para a variedade RB975201 e 6,29% para a variedade Vertix 3. O teor alcoólico (%) obtido no tratamento secundário foi de 7,41% quando analisado o tratamento controle, 7,28% % na presença de 25% de impurezas, 7,21% no incremento de 50%, 7% no tratamento com 75% e 6,84% com a presença de 100% de impurezas vegetais.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

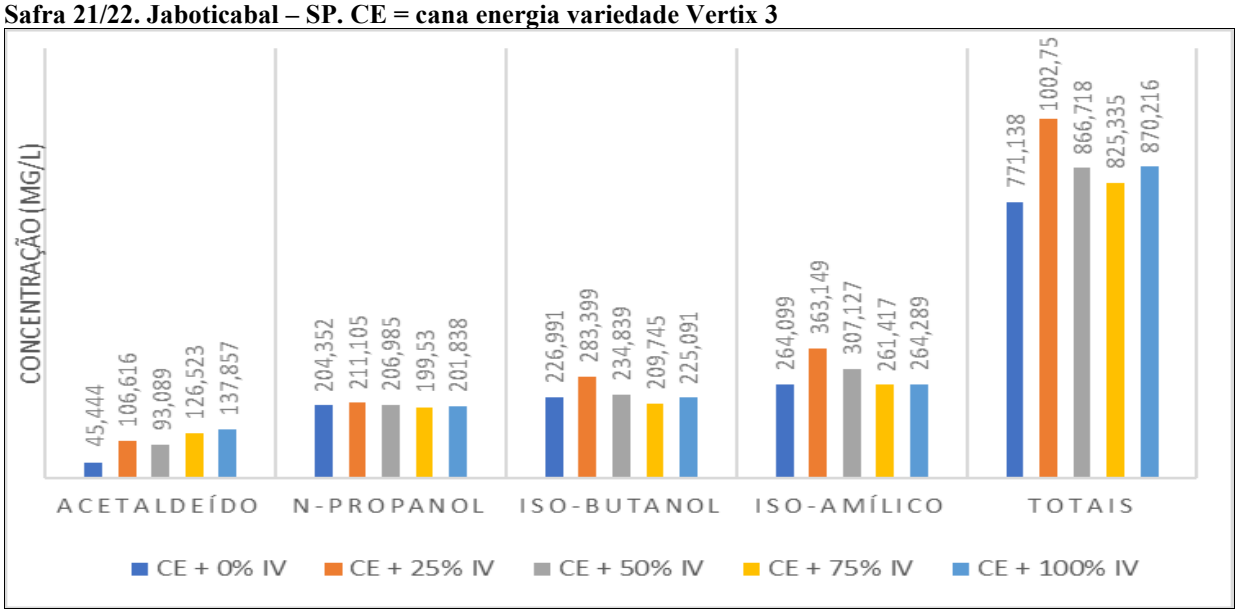
As avaliações cromatográficas dos destilados simples para as impurezas vegetais quanto as concentrações de acetona, isopropanol, diacetil, n-butanol, Furfural, metanol, acetato de etila, acetal, acetaldeído, n-propanol, iso-butanol, iso-amílico e valores totais estão apresentadas nos Gráficos 1, 2, 3 e 4.

Gráfico 01 - Valores médios da concentração (mg/L) de acetaldeído, n-propanol, iso-butanol, iso-amílico e concentração total dos componentes quantificados no destilado de cana comercial com impurezas vegetais. Safra 21/22. Jaboticabal – SP. CC = cana comercial variedade RB975201



Fonte: autoria própria (2023)

Gráfico 02 - Valores médios da concentração (mg/L) de acetaldeído, n-propanol, iso-butanol, iso-amílico e concentração total dos componentes quantificados no destilado de cana energia com impurezas vegetais. Safra 21/22. Jaboticabal – SP. CE = cana energia variedade Vertix 3



Fonte: autoria própria (2023)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Proveniente da reação de oxidação do etanol, o acetaldeído é originado principalmente nas primeiras horas de fermentação (Corrêa, 2020), sendo um poluente altamente prejudicial à saúde humana (Poblador, 2012) e considerado contaminante orgânico do etanol combustível (Rodgher *et al*., 2006). Foi observada maior concentração média de acetaldeído no tratamento com 100% de impureza vegetal para cana comercial e cana energia com 111,245 mg/L e 137,857 mg/L respectivamente.

Furlan (2016) obteve valor máximo de 158,88 mg/L e mínimo de 12,38 mg/L ao analisar diferentes linhagens de leveduras em mosto cervejeiro. Pereira *et al*. (2006) obtiveram alguns valores de acetaldeído similares a esta presente pesquisa, com concentrações de 27,9 mg/L a 77,2 mg/L ao avaliarem amostras de álcool combustível comercializados em postos.

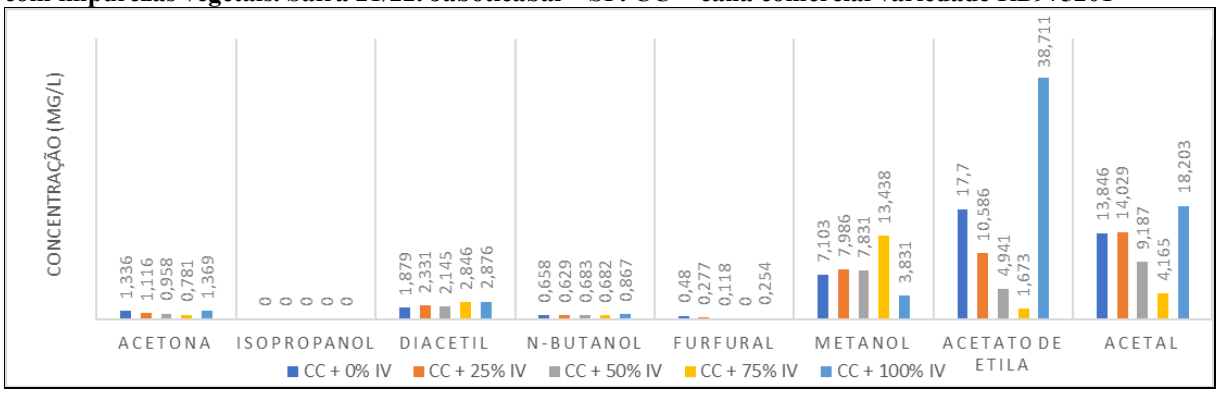
A concentração de n-propanol no tratamento com 100% de impureza para cana comercial foi de 141,621 mg/L e 206,985 mg/L com incremento de 25% de impureza na variedade cana energia, valores superiores ao estudo de Furlan (2016). Analisando as concentrações de iso-butanol, o maior valor encontrado foi no tratamento controle da cana comercial com valor de 458,431 mg/L e 283,399 mg/L para o incremento de 25% de impurezas no processamento da cana energia, discrepando do valor médio encontrado por Furlan (2016) de 52,40 mg/L.

Os compostos iso-amílico e iso-butanol são os principais componentes do óleo fúsel (Santos, 2024). Apesar de possuir aplicações industriais, o setor visa minimizar a sua produção, pois está associado ao desvio de açúcares para a produção deste subproduto e menor produção de etanol. (Parazzi Jr, 2016). Santos (2024) obteve que mosto de melaço a 25ºBrix pode apresentar 437,2 mg/L de álcool iso-amílico, corroborando aos dados do presente estudo.

A maior concentração do iso-amílico foi observado ao incrementar 25% de impurezas em ambas as variedades utilizadas, sendo valores de 641,821 mg/L para cana comercial e 363,149 mg/L na cana energia. Estes dados são discrepantes ao obtido por Furlan (2016), em que obteve concentração máxima de 196,88% em mosto fermentado pela linhagem LBTL51.

O n-propanol, iso-butanol e iso-amílico são álcoois superiores contaminantes, que além de causarem problemas do ponto de vista ambiental, são irritantes aos olhos e membranas mucosas. (Silva, 2009). A soma dos compostos isoamílico, butílicos e propílicos, que caracterizam os álcoois superiores, são formados no processo de fermentação durante a degradação dos aminoácidos pelas leveduras (Corrêa, 2020), influenciada pela natureza e composição do mosto.

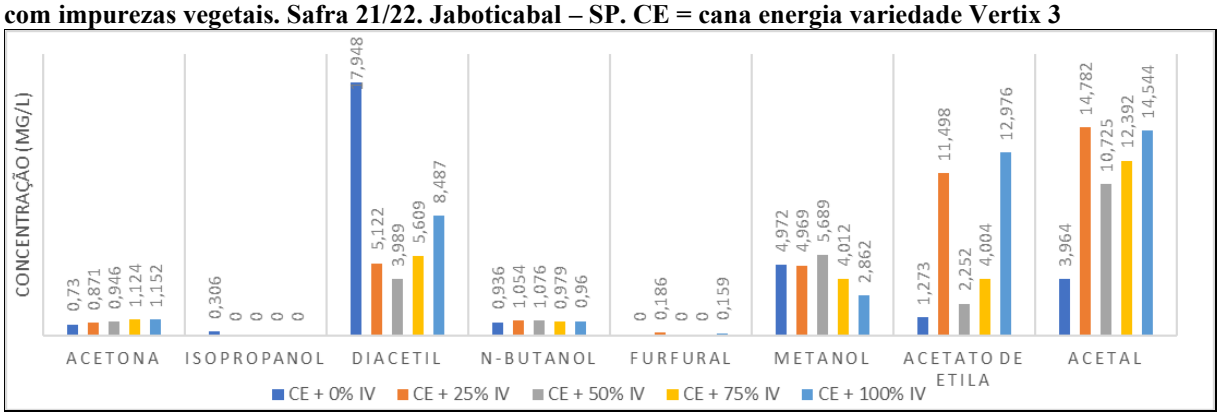
Gráfico 03 - Valores médios da concentração (mg/L) de acetona, isopropanol, diacetil, n-butanol, Furfural, metanol, acetato de etila e acetal dos componentes quantificados no destilado de cana comercial com impurezas vegetais. Safra 21/22. Jaboticabal – SP. CC = cana comercial variedade RB975201



Fonte: autoria própria (2023)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Gráfico 04 - Valores médios da concentração (mg/L) de acetona, isopropanol, diacetil, n-butanol, Furfural, metanol, acetato de etila e acetal dos componentes quantificados no destilado de cana energia com impurezas vegetais. Safra 21/22. Jaboticabal – SP. CE = cana energia variedade Vertix 3



Fonte: autoria própria (2023)

De acordo com as concentrações determinadas, foi observada concentrações semelhantes de acetona em ambas as variedades, sendo o maior valor de 1,336 mg/L para cana comercial e 1,152 mg/L para cana energia. Pereira *et al*. (2006) ao analisarem amostras de álcool combustível em postos, obtiveram valores de até 93,7 mg/L de acetona.

O componente iso-propanol foi produzido somente no tratamento controle da cana energia. A produção de diacetil e n-butanol foi superior na variedade da cana-energia. O furfural, produzido a partir da pirólise do bagaço ou de leveduras durante o processo de fermentação, é indesejável no etanol combustível. Em concentrações superiores a 1 $g.L^{-1}$ reduz significativamente a produção de etanol chegando a níveis muito baixos para serem detectados (Natale *et al*., 2024). As concentrações superiores obtidas nas amostras da cana convencional corroboram com os resultados encontrados por Zacaroni *et al*. (2011) de 0,0428 mg/L a 0,3978%.

O metanol é formado a partir da hidrólise da pectina, isto é, resíduo resultante da extração durante o processo de fermentação (Mutton *et al*., 2020). Quando misturado ao combustível pode causar danos às peças de um carro para uso popular devido ao seu elevado poder de explosão (Paula, 2018), além de ser considerado como um composto de adulteração do etanol (Pereira, Lima, Silva, 2016), atrelado a isso, a substância causa intoxicação, cegueira e queimaduras graves devido a chama invisível a nu. Todas as amostras analisadas apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação (GOV, 2024) de 5%.

As maiores concentrações de acetato de etila, composto derivado principalmente do ácido acético e etanol, foram encontradas no tratamento com 100% de impurezas em ambas as variedades, sendo 38,711 mg/L para cana comercial e 12,976 mg/L para cana energia, demonstrando o impacto direto sobre a produção. Corroborando com os dados deste estudo, Furlan (2016) determinou valores de 15,25 mg/L a 30,88 mg/L de acetato de etila em análise obtida através de mosto cervejeiro com diferentes linhagens de leveduras. Enquanto Caetano (2011) observou valor superior de 48,52 mg/L em amostra comercial de etanol combustível hidratado. Assim como nos estudos citados, os resultados obtidos para este composto encontram-se abaixo do limite máximo exigido pelas normas europeias que é de 91,3 mg/L (Caetano, 2011).

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que os teores de impurezas vegetais possuem impactos variáveis nos compostos analisados nas duas variedades estudadas.

A presença de 25% de impurezas vegetais levou ao aumento de compostos N-propanol e acetato de etila no destilado obtido da cana energia, iso-amílico e furfural em ambas as variedades de cana. A presença de 50% de impurezas vegetais acarretou o aumento de compostos N-butanol e metanol no destilado obtido através da cana energia. A presença de 100% de impurezas vegetais resultou no aumento de compostos acetaldeído e acetona nos destilados obtidos em ambas as variedades de cana, N-propanol, diacetil, N-butanol, acetato de etila e acetal no tratamento com cana comercial.

REFERÊNCIAS

BOVI, R.; SERRA, G. E. Impurezas fibrosas da cana-de-açúcar e parâmetros tecnológicos do caldo extraído. **Scientia agricola**. Piracicaba, v.56, n.4, oct/dec. 1999.

CAETANO, L.G. **Desenvolvimento de Sensores para Determinação de Acetato de Etila em Etanol Combustível**. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista. Araraquara. 2011.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v.12 – safra 2024/25, n.3 – Terceiro levantamento, Novembro 2024.

CORRÊA, A.C. **Composição química e características sensoriais de cachaças monodestiladas produzidas com leveduras selecionadas e fermento natural**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, USP. Piracicaba. 2020.

EUSTÁCIO, R.S.; DA SILVA, L.F.; SOUZA, C.; MENDES, M.F.; NETO, M.R.F.; PEREIRA, C.S.S. Simulação do processo de destilação da mistura etanol-óleo fúsel utilizando o simulador de processos ProSimPlus. **Revista Teccen**.11 (1): 61-67. 2018.
FEROLDI, M., URIO, M.B., CREMONEZ, P.A., ARAÚJO, A.V., TELEKEN, J.G. Gestão e Controle de Qualidade da Produção de Bioetanol. **Revista Monografias Ambientais - REMOA** v.14, n.3, mai-ago, p.3377-3387. 2014.

FIGUEIREDO, I. C., MACIEL, B, F., MARQUES, M. O. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para produção de álcool. **Nucleus**, Nº. Extra 1, 2008 .

FINGUERUT, J., Paes, L.A.D. I**mpurezas e qualidade da cana-de-açúcar**. Centro de Tecnologia Canavieira, 2014. Disponível em: http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf. Acesso em 17 mar 2025.

FURLAN, Renata Maria Christofoleti. **Leveduras em processos de bioetanol: potencial para a produção de cerveja especial com mosto de alta densidade**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ USP. Piracicaba. 2016.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

GOV. **Etanol**. Ministério de Minas e Energia – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol. Acesso em 04 jun 2025.

GRANBIO. **O que é Cana-Energia?** 2017. Disponível em: http://www.granbio.com.br/conteudos/cana-energia/. Acesso em: 22 jan. 2023.

MUTTON, M.J.R. **Efeitos de impurezas sobre a sistemática de pagamento de cana-de-açúcar pela qualidade**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ USP. 1990.

NATALE, K.G., RIBEIRO, N.N., MUTTON, M.J.R., GRIGOLETTO, M.F. Levedura do gênero *Pichia* spp. exibe potencial para a produção de etanol 2G. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB**, Jaboticabal (SP), v. 16, n. 1. 2024.

OKUMURA, Leonardo Luiz. **Desenvolvimento de Método para Determinação de Acetaldeído em Álcool Etílico Hidratado Combustível por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção Eletroquímica**. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química - Câmpus de Araraquara da Universidade Estadual Paulista. 2003.

PAULA, A. **Saiba por que o metanol é um perigo invisível no tanque do seu carro**. 2018. Disponível em: https://institutocombustivellegal.org.br/metanol-o-perigo-invisivel-no-tanque-do-seu-carro/. Acesso em 28 mar 2025.

PARAZZI Jr., O. O que é o óleo fusel e impacto na usina. **Fermentec News**. 2016.

PEREIRA, E.A., TAVARES, M.F.M., STEVANATO, A., CARDOSO, A.A. Avaliação de contaminantes inorgânicos e orgânicos em álcool combustível utilizando eletroforese capilar. **Revista Química Nova**. Vol. 29, No. 1, 66-71, 2006.

PEREIRA, F.C., LIMA, F.J.S, SILVA, A,O. Uma breve revisão sobre alguns aspectos do álcool combustível veicular e a análise quantitativa de espécies químicas presentes nesta matriz energética. **Revista Virtual de Química**, v XX, n XX, 2016.

POBLADOR, Daissy Marcela Angarita. **Medidas de formaldeido, acetaldeido e etanol na atmosfera da cidade de Salvador, Bahia, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Química. Salvador/BA. 2012.

RODGHER, V.S., STRADIOTTO, N.R., ZANONI, M.V., BARROS, A.A. Electroanalysis of acetaldehyde derivatized with hydrazine and determination in fuel ethanol by square wave voltammetry. **Química Nova** 29 (4). Jul 2006. https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400007

SANTOS, R.A. Estudo da formação dos álcoois isoamílico e isobutanol em fermentações de melaço em microdestilaria. In: XXXIX Simpósio da Agroindústria da cana-de-açúcar de Alagoas. **Simpósio STAB**. Maceió/AL. 2024. Disponível em: https://www.stableste.org.br/wp-

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

content/uploads/2024/07/ESTUDODAFORMAODOSLCOOISISOAMLICOEISOBUTANOLEMFERMENTAESDEMELAOEMMICRODESTILARIA.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

SILVA, P.H.A., SANTOS, J.O., ARAUJO, L.D., FARIA, F.C., PEREIRA, A.F., OLIVEIRA, V.A., VICENTE, M.A., BRANDÃO, R.L. Avaliação Cromatográfica de compostos voláteis de cachaças produzidas com leveduras de diferentes procedências. **Food Science and Technology**, 29 (1).2009. https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100016

SILVA, P. M. **Desenvolvimento de metodologia para determinação de álcoois superiores em álcool combustível, utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência com detecção eletroquímica**. Dissertação de Mestrado em química. Instituto de Química UNESP Araraquara. 2009.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. **Hawaiian Planther's Record**, Honolulu, 51 (2):133-150. 1964.

ZACARONI, L.M., CARDOSO, M.G., SACZK, A.A., SANTIAGO, W.D., ANJOS, J.P., MASSON, J., DUARTE, F.C., NELSON, D.L. Analysis of organic contaminants and copper in cachaça. **Revista Química Nova** Vol. 34, No. 2, 320-324, 2011.