Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

TRATAMENTO DA VINHAÇA COM CARVÃO ATIVADO E REUSO NA PRODUÇÃO DE ETANOL

VINASSE TREATMENT WITH ACTIVATED CHARCOAL AND REUSE IN ETHANOL PRODUCTION

Leonardo Lucas Madaleno[I]
José Alfredo de Sales[II]
Josiane Rocha Teixeira[III]
Nádia Figueiredo de Paula[IV]

RESUMO

O reuso das águas residuárias, produzidas nos processos industriais, contribui para reduzir a utilização de água de recursos naturais. A vinhaça, um dos subprodutos mais importantes na produção de etanol, poderia ser reutilizada na fermentação etanólica, no entanto, apresenta restrições por inibir as leveduras durante o processo fermentativo. O objetivo do presente trabalho foi utilizar o carvão ativado feito com resíduos da própria cana para tratamento da vinhaça. O líquido resultante do tratamento foi empregado no preparo do mosto, na diluição do melaço. O carvão ativado foi elaborado com três matérias-primas diferentes: bambu, bagaço, palha de cana. Não se conseguiu obter carvão ativado da palha e este tratamento foi substituído pelo uso de carvão comercial. A vinhaça tratada com carvão foi comparada à vinhaça *in natura* e água deionizada no preparo do mosto e processo fermentativo. Verificou-se que o uso da vinhaça natural prejudicou o processo fermentativo. Os diferentes tipos de carvões testados possuíram potencialidade de uso no processo fermentativo, pois a produção de etanol aumentou em média 66% em relação a vinhaça natural, no entanto, menor em 2,6 vezes em relação ao uso da água deionizada com água de diluição. Por isso, novos estudos devem ser realizados para aprimoramento no uso de carvão ativado para tratamento da vinhaça e uso na diluição do mosto.

Palavras-chave: Preparo do mosto. Fermentação. Resíduos. Bambu. Bagaço. Palha de cana. Carvão ativado comercial.

ABSTRACT

The reuse of wastewater, produced by industrial process, is important to reduce water from natural resources consumption. Vinasse, one of more relevant byproducts of ethanol production, could be reused in the ethanolic fermentation. However, vinasse has restriction due to yeasts inhibition on fermentative process. The aim of this work was to study the use of activated charcoal, made from distilleries residues, for vinasse treatment. The resultant liquid was used for molasses dilution in wort preparation. Activated charcoal was elaborated by three

[I] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: leonardo.madaleno01@fatec.sp.gov.br
[II] Tecnólogo em Biocombustível pela Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: josealfredo.sales@gmail.com
[III] Tecnóloga em Biocombustível pela Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: josi_teixeira@live.com
[IV] Profa. Dra. da Faculdade de Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: nadia.paula@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

different raw material: bamboo, bagasse, and cane straw. Activated charcoal by straw could not be made and this treatment was changed to commercial activated charcoal. The treated vinasse with activated charcoal was compared with “in nature” vinasse and deionized water in wort preparation and fermentative process. “In nature” vinasse reduces fermentative process quality. The different charcoals had potential for use in fermentation process because ethanol production increased 66% comparing with nature vinasse. However, reduced 2,6 times comparing with deionized water for wort dilution. Therefore, more studies should be made for improving use of activated charcoal for vinasse treatment and use in ethanol production.

Keywords: Wort preparation. Fermentation. Waste. Bamboo. Bagasse. Cane straw. Comercial activated charcoal.

Data de submissão do artigo: 10/08/2021.
Data de aprovação do artigo: 03/12/2021.
DOI: **10.52138/citec.v13i1.199**

1 INTRODUÇÃO

O principal resíduo da produção de bioetanol é a vinhaça e chega a ser produzida na proporção de 10 a 14 L para cada litro de etanol gerado (PEREIRA, 2009). Para a produção de 32,5 bilhões de litros de etanol na safra 2020/2021, no mínimo, foram produzidas 325 bilhões de litros do resíduo (OBSERVATÓRIO DA CANA, 2021). A destinação principal do subproduto é a aplicação como fertirrigação, pois a vinhaça apresenta elevada quantidade de potássio (BEBÉ *et al.,* 2009). Há questionamento crescente da sociedade sobre a forma de descarte do subproduto também em fertirrigação, pela possível contaminação do lençol freático, se mal-empregada. Inclusive, em alguns países como a Índia, a vinhaça é proibida de ser utilizada no campo (PATIL, 2014). No entanto, esse resíduo da agroindústria pode ser utilizado novamente dentro do processo industrial, como forma de economia de água para o processo.

Para a produção de bioetanol existe a etapa de preparo do mosto que necessita adequar a concentração de açúcares das matérias-primas para o processo fermentativo. Pode ser utilizado caldo de cana ou melaço para fornecer os açúcares necessários para produção de bioetanol (REBELATO; MADALENO; RODRIGUES, 2014).

O melaço, por ser subproduto da produção de açúcar, é a matéria-prima preferencial para o preparo do mosto. No entanto, como a quantidade de açúcares neste resíduo é elevada, utiliza-se de água para diluir (cerca de 3 a 4 partes de água de diluição para cada parte de melaço) e tornar o meio adequado para a realização do processo fermentativo pelas leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) (AMORIM; BASSO; ALVES, 1996).

A água utilizada na diluição do mosto vem de recursos hídricos próximos da unidade industrial. É feito tratamento desta água, utilizando-se de cloro, para reduzir o nível de contaminação por bactérias e fungos selvagens (OLIVEIRA, *et al*., 2013). A vinhaça poderia ser utilizada para ser a água de diluição do mosto. Porém, alguns estudos indicam que a vinhaça *in natura* aplicada como água de diluição é prejudicial ao processo fermentativo (JACQUES; LYONS; KELSALL, 2003) . O principal resíduo da produção de etanol precisa ser tratado para se recomendar o uso em substituição à água dos recursos hídricos.

De acordo com Couto (2009), o carvão ativado de resíduos vegetais apresenta a propriedade de purificar águas que contém contaminantes orgânicos e inorgânicos, como por exemplo: metsulforon (herbicida orgânico sintético), surfactantes (ácido octanóico, ácido dodecanóico) e corantes da indústria têxtil (em meio aquoso). Outra propriedade relatada é a de

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

adsorção de íons de metais pesados (Cu^{+2}, Cd^{+2}, Cr^{+2}, Pb^{+2} e Hg^{+2}) em solução aquosa, de compostos orgânicos voláteis, de fenóis e de íon cloreto.

Segundo Jaguaribe *et al*. (2005) o carvão ativado de bagaço de cana foi responsável pela adsorção de cloro residual da água (100% de remoção), enquanto FOO; LEE; HAMEED (2013) observaram a remoção de nitrogênio amoniacal e ortofostato usado em remediação de chorume. SITI KHADIJAH *et al*. (2012) observaram remoção da turbidez (98,82%), cor (96,99%), coliformes totais (100%) e sólidos suspensos totais (99,55%) em tratamento de água subterrânea. No entanto, o uso do carvão ativado feito de resíduo da palha ou do bagaço e mesmo o comercial ainda não foram utilizados para realizar o tratamento da vinhaça, com objetivo de remoção de impurezas ao processo fermentativo. Com o uso do carvão comercial o custo de tratamento seria de até R$1,52 por litro de vinhaça tratada. Portanto, conseguir produzir o próprio carvão com os resíduos da usina poderia tornar o tratamento com carvão ativado economicamente viável.

Dentro deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar o tratamento da vinhaça com carvão ativado, obtido de outros resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar: bagaço, palha e bambu, com posterior reutilização do filtrado no preparo do mosto de melaço para uso no processo fermentativo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento foi utilizada vinhaça obtida em início de safra (abril de 2015), em usina da região de Ribeirão Preto - SP, sendo armazenada por três meses no laboratório da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Fatec Nilo De Stéfani, em temperatura ambiente. O melaço, a palha e o bagaço, também foram adquiridos em outras usinas da mesma região. O carvão de bambu foi obtido em experimento prévio de Aquino (2015).

Para o experimento foi elaborado delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos para a melhora da qualidade da vinhaça com uso do carvão ativado, com três repetições. Cinco tratamentos foram testados, considerando o uso da vinhaça *in natura* (controle negativo); da água deionizada (controle positivo) e da vinhaça tratada com carvão ativado feito de bambu, de bagaço ou com palha da cana. O carvão da palha não foi possível de ser produzido, e será mais bem explicado em resultados e discussão. Então, para não perder o equilíbrio do delineamento planejado, foi adicionado carvão ativado comercial – Marca DINÂMICA®. A vinhaça tratada foi utilizada na diluição do mosto de melaço que foi utilizado na fermentação para produção de bioetanol.

O carvão vegetal de bambu foi elaborado conforme De Aquino (2015). O de bagaço e, de modo separado, o de palha da cana foram carbonizados a 250 ºC por uma hora e, em seguida, pelo mesmo tempo à 400 ºC. Foram colocados inicialmente 52,62 g de bagaço e, separadamente, em outra elaboração 35,44 g de palha. Ao final foram produzidos em média 17,52g do carvão de bagaço e 11,26 g de carvão de palha. O processo foi repetido até possuir carvão suficiente para produção do carvão ativado de cada material. Para elaboração dos carvões ativados foi utilizada metodologia adaptada de LILLÓ-RÓDENAS *et al*. (2001). Procedeu-se a ativação com NaOH (em pastilha) - 1 parte de pastilha para 2 partes de carvão vegetal, por uma hora a 800 ºC em mufla. Em seguida, o carvão foi lavado com água para eliminar o NaOH, neutralizado com ácido sulfúrico e filtrado. O carvão, em seguida, foi seco em estufa à 50 ºC e foi aferida a massa produzida. A vinhaça foi armazenada a temperatura ambiente (25 a 30ºC), seguindo o mesmo procedimento adotado na prática pela indústria, na aplicação do tratamento proposto neste projeto. Para o tratamento da vinhaça foi utilizada a proporção de 1g de carvão ativado de cada tipo para 50 mL da vinhaça (Fotografia 1). O carvão

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

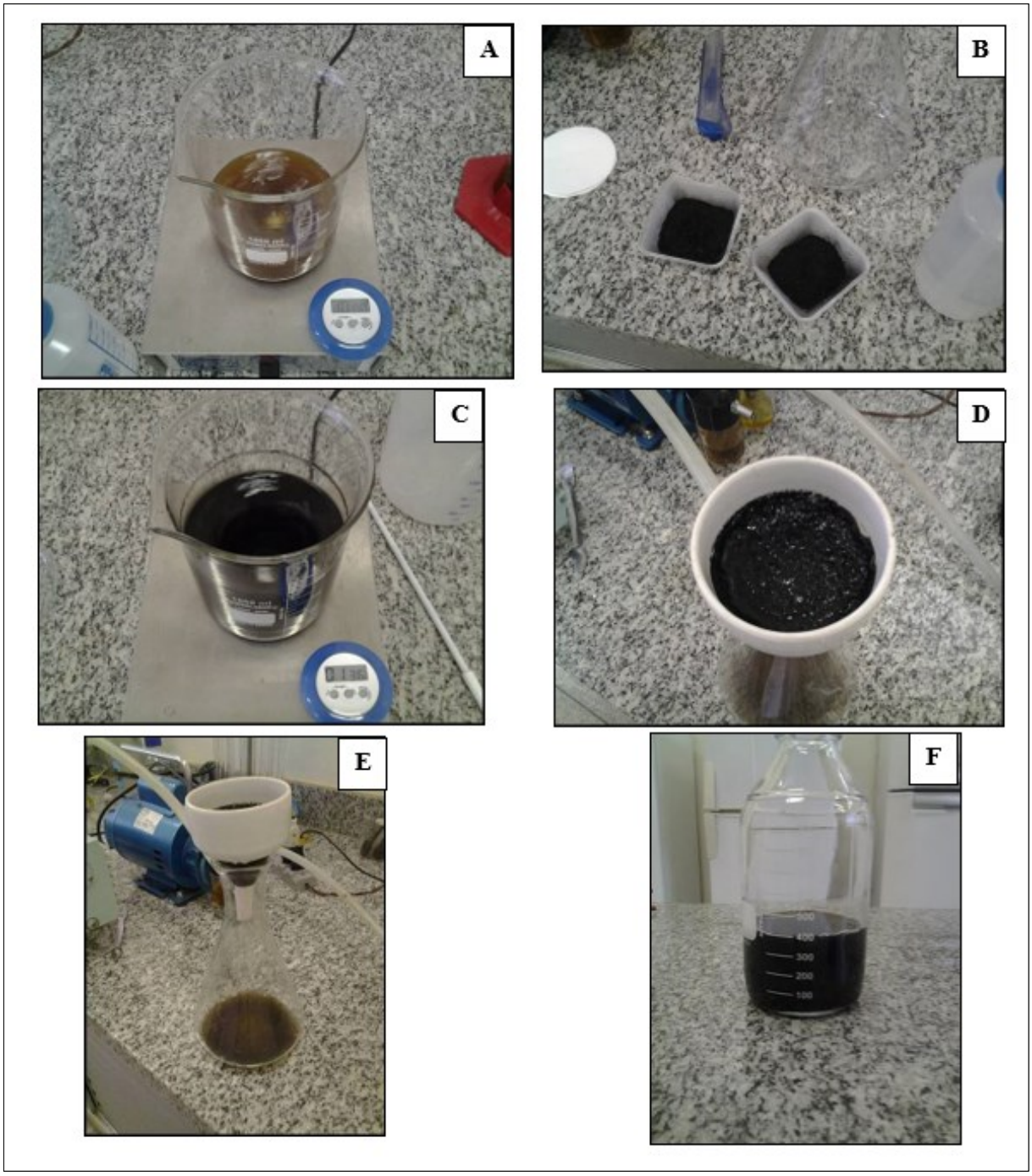
foi misturado com a vinhaça e foi realizada agitação por 10 minutos. Em seguida, o líquido foi filtrado em papel de filtro qualitativo (80g), com uso de funil de Buckner e kitassato, conforme Fotografia 1. Foi obtido um litro de vinhaça tratada de cada tipo de carvão, que foi armazenado em geladeira, para posterior utilização na diluição do mosto de melaço.

Para a realização dos experimentos foi diluído o melaço de 82,5º Brix para 14º Brix, utilizando-se das águas advindas dos tratamentos empregados. O pH do mosto foi corrigido para 4,5 com a adição de ácido sulfúrico (5 N). Em seguida, foram realizadas as análises de qualidade do mosto através da determinação da acidez total (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC, 2011) e açúcares redutores totais (ART), de acordo com Lane e Eynon (1934).

Para todos os experimentos foi utilizada levedura prensada (*Saccharomyces cerevisiae*) na proporção de 30 g L^{-1}. O fermento foi adicionado à erlenmeyers e utilizou-se de 50 mL do mosto para a primeira alimentação. As alimentações seguintes, com 50 mL de mosto, foram cronometradas de 15 em 15 minutos até atingir o volume total de 250 mL. Após 15min da última alimentação foram retiradas amostras para a análise de viabilidade e contaminação inicial. Em seguida, os erlenmeyes foram levados para câmara incubadora B.O.D (Biochemical Oxygen Demand), com controle de temperatura a 32ºC. De uma em uma hora foi realizada agitação dos frascos para suspender o levedo durante o tempo de fermentação. O final do processo fermentativo foi estabelecido em seis horas com medições da concentração de sólidos solúveis (densímetro manual – sacarímetro, com correção de temperatura). Em seguida, foram retiradas amostras do vinho para verificação da viabilidade e contaminação final. Logo após, o vinho levedurado foi armazenado em garrafas PET de 600mL em ultrafreezer a -52ºC, que se verificou ser a temperatura que reduziu a atividade microbiana próxima a zero. No dia posterior, os frascos foram descongelados e se realizaram análises tecnológicas do vinho.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Fotografia 1 - Passos para a filtração da vinhaça com carvão ativado de bambu. A. Agitação da vinhaça que será tratada; B. Carvão ativado preparado; C. Agitação por dez minutos; D. Filtração com uso de vácuo; E. Vista da filtração com uso de funil de Buckner e Kitassato; F. Líquido resultante da filtração da vinhaça com carvão ativado de bambu



Fonte: os autores (2015)

Para avaliar a qualidade da vinhaça tratada com os diferentes tipos de carvão ativado foi determinada a quantidade de sólidos solúveis (ºBrix), pH, acidez sulfúrica (g H_2SO_4 L^{-1}) com a metodologia adaptada do CTC (2011) e o nível de contaminação (UFC mL^{-1}), conforme Ravaneli *et al*., (2011). Também foi verificado o odor, de forma simplificada, com aproximação dos líquidos perto da narina e foram estabelecidas três intensidades. Sem odor, quando não

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

apresentava cheiro. Leve Odor, quando o cheiro do líquido era perceptível, entretanto, não desagradável. O último grau foi o desagradável em que o cheiro foi irritante para o olfato.

A análise de viabilidade foi realizada conforme Lee, Robinson e Wong (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 micro-organismos totais. Para a contagem das colônias de bactérias, foi utilizada como ferramenta a lupa (Nova optical Systems XTS -20, Zoom Stereo Microscope). No vinho obtido foram realizadas análises de sólidos solúveis (ºBrix), pH, acidez sulfúrica (H_2SO_4 g L^{-1}) e Teor Alcoólico (%), segundo o 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 a quantidade de álcool produzido pela quantidade de álcool teórica, segundo Fernandes (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO: produção de carvão ativado da palha da cana

A carbonização da palha de cana não resultou na formação de carvão. A formação do carvão depende em grande parte da constituição química (principalmente a presença de lignina) e da densidade do material de origem. A palha, originalmente, uma folha da cana-de-açúcar, é formada principalmente por tecido parenquimático, e apresenta baixa densidade. Assim, com a carbonização da palha obteve-se, na realidade, uma "fuligem" e não carvão. Durante o processo de ativação, a maior parte do material foi volatilizada, restando apenas uma parte imiscível em água. O material imiscível, possivelmente, é proveniente da cera epicuticular, que nas folhas de cana servem como proteção a variações ambientais (FERREIRA *et al*. 2005).

Na metodologia, após a ativação com NaOH, deve-se fazer a limpeza da base forte e realizar a neutralização do carvão (Fotografia 2, C a E). De fato, para o "carvão" vegetal feito de palha, foi observada dificuldade de se construir a coluna de outro experimento que tratava a vinhaça somente com carvão vegetal pela presença dos compostos da folha de cana. A coluna foi construída banhando-se os carvões vegetais com água e para o de palha a mistura foi dificultada (Fotografia 2 A e B).

3.1 Tratamento da vinhaça com carvão ativado

Uma vez que o carvão de palha não foi possível ser produzido, a vinhaça foi tratada com os carvões preparados e adicionado o carvão ativado comercial para não perder o equilíbrio do delineamento experimental. O carvão comercial utilizado (marca Dinâmica®) está com custo estimado em 02/12/2021 de R$38,00/500g. No tratamento utilizado neste estudo o custo seria de R$1,52 por litro de vinhaça. Os dados de caracterização das vinhaças tratadas e a comparação com a vinhaça *in natura* e com água deionizada são apresentados no Tabela 1.

A vinhaça tratada com carvão ativado apresentou redução média (todos os tipos de carvão testados) na quantidade de sólidos solúveis (ºBrix) de 5,0 para 3,7 entre as vinhaças tratadas (Tabela 1). A quantidade de sólidos solúveis igual a zero na água deionizada era esperada. Ainda na Tabela 1, para a acidez, houve redução em média de 91% comparando-se a vinhaça *in natura* com os três tipos de carvão, com destaque para o tratamento com carvão ativado de bambu. Houve, ademais, aumento de 3,9% do valor do pH das amostras tratadas (Tabela 1) em relação a vinhaça *in natura.* No entanto, a contaminação não foi alterada

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

permanecendo em níveis próximos ao da vinhaça. Nesse atributo se destacou o carvão ativado de bambu, que reduziu em 10 vezes a contaminação inicial.

A redução de odor foi importante, pois, provavelmente, foram removidos compostos desagradáveis ao olfato humano, permitindo que esta vinhaça tratada pudesse ser utilizada no processo fermentativo além de outros usos. Esta água poderia ser utilizada para outras necessidades da indústria, como lavagem de pisos, e uso de água em condensadores no processo de destilação.

3.2 Efeito da vinhaça tratada no preparo do mosto

Durante o experimento, houve perda de uma repetição por deterioração e, portanto, não houve possibilidade de aplicação de análise estatística e sim o cálculo de médias e observação dos resultados. Não havia vinhaça e carvão produzido suficiente para repetir, para a comparação ser realizada com os mesmos materiais das repetições anteriores.

Foi observado, na Tabela 2, que o tratamento com carvão ativado utilizado na diluição do mosto reduziu a acidez em média nos tratamentos em 13% em relação à vinhaça in natura. O carvão ativado de bambu de apresentou média de 5,88 comparado a 7,04 g de H_2SO_4 L^{-1} da vinhaça in natura. No entanto, permaneceu, em média, duas vezes maior para este atributo em relação ao mosto preparado com água deionizada (3,11). O ART, aparentemente, não se diferenciou entre a vinhaça in natura (9,23%) e a tratada com carvão ativado (9,56%) e foi menor em média 21%, em relação ao controle positivo (água deionizada).

3.3 Microbiologia do processo fermentativo

Após o preparo do mosto, foi realizada a fermentação e através da Tabela 3 pode ser observado que a viabilidade celular no início e final do processo fermentativo foi, aparentemente, na vinhaça *in natura* (79,53 e 88,84%, respectivamente), menor em relação aos demais tratamentos (em média 93,33 % para viabilidade inicial e 92,11% final). Isto indica que a vinhaça tratada com carvão ativado apresentou efeito positivo na remoção de substância inibidoras da fermentação. Por exemplo, os compostos fenólicos são inibidores e reduzem a viabilidade quando em excesso no mosto (RAVANELI *et al*., 2011). O carvão ativado comercial reduziu a viabilidade de células de leveduras, pois, provavelmente, algum componente químico interferiu no metabolismo e sobrevivência do microrganismo.

Para a contaminação não foi observada redução de ordem (Tabela 3), permanecendo em níveis elevados, acima de 108 UFC mL^{-1}. Contaminações elevadas dificultam o processo fermentativo e encarecem o tratamento do fermento, pois para reduzir a contaminação devem ser utilizados antibióticos ou biocidas para redução de bactérias e leveduras selvagens (OLIVEIRA *et al*., 2013).

3.4 Análises tecnológicas do vinho

Após o processo fermentativo, é obtido o vinho levedurado demonstrado na Tabela 4, que está pronto, após a centrifugação e remoção do fermento, a ser enviado ao processo de destilação. Como a destilação não aumenta a produção de etanol, mas somente o recupera, os resultados apresentados neste líquido são importantes para definir a produção de etanol.

Para o vinho obtido nos tratamentos com o uso da diluição de vinhaça tratada com carvão ativado não foi observada redução, aparentemente, dos teores de sólidos solúveis finais em relação à vinhaça *in natura* (Tabela 4), saindo de 14 para a média 12,5ºBrix. Esse resultado

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

refletiu na quantidade de etanol produzido pelos tratamentos (média de 2,07%) que ficou aquém do obtido do vinho resultante da fermentação do mosto com diluição com água deionizada (5,45%).

O pH, de forma aparente, não foi alterado (Tabela 4). Com relação à acidez do vinho, o vinho obtido pela média dos tratamentos empregados de carvão ativado (6,33 H_2SO_4 L^{-1}) se apresentou com níveis menores em média de 16,5% que a vinhaça *in natura* (controle negativo), no entanto, maior em torno de 50% do tratamento controle positivo, com água deionizada.

Verificou-se através da observação da eficiência fermentativa que o tratamento com qualquer um dos tipos de carvão ativo pode ser aprimorado. A eficiência fermentativa, verificada na Tabela 4, foi praticamente metade para os tratamentos com vinhaça tratada com o carvão ativado (média de 37,22%) em relação ao controle positivo (80,75%). Por outro lado, foi superior em 41 (bagaço), 61 (bambu) e 79% (ativado comercial) em relação à vinhaça *in natura*.

Muitas alternativas para aprimoramento desse tratamento da vinhaça poderiam ser estudadas, como por exemplo, a diluição da vinhaça tratada pelo carvão ativado para auxiliar na redução de compostos tóxicos para a diluição do mosto. Mesmo assim, haveria economia no uso da água de recursos naturais, pois parte dela seria água da vinhaça. A parte mais limitante de utilização do carvão ativado foi a etapa de filtração que se mostrou demorada e de difícil separação do carvão adicionado (principalmente observado com o carvão ativado comercial). A filtração poderia ser substituída pela centrifugação para separação do carvão do líquido tratado. Alternativa seria o aumento de concentração do carvão no momento do tratamento da vinhaça.

Tabela 1 - Brix, pH, acidez sulfúrica, contaminação e sensação do olfato (odor) dos líquidos utilizados para o preparo do mosto de melaço para o experimento com uso de carvão ativado

Líquidos utilizados	ºBrix	pH	Acidez gH_2SO_4/L	Contaminação UFC/mL	Odor
Vinhaça *in natura*	5,0	5,04	3,53	$1,5 \times 10^7$	Desagradável
Água Deionizada	0	6,5	0	$4,0 \times 10^4$	Sem odor
Carvão de Bambú	3,5	5,60	1,37	$7,0 \times 10^6$	Leve odor
Carvão de Bagaço	3,8	5,32	2,04	$1,1 \times 10^7$	Leve odor
Carvão ativado comercial	3,8	5,30	2,14	$1,9 \times 10^7$	Leve odor

Leve odor: Odor levemente desagradável
Fonte: os autores (2015)

Tabela 2 - Médias dos teores de acidez sulfúrica e açúcares redutores totais (ART) do mosto de melaço diluído com vinhaça in natura, água deionizada e vinhaça submetida ao tratamento com carvão ativado de bambu, bagaço e comercial (Dinâmica®)

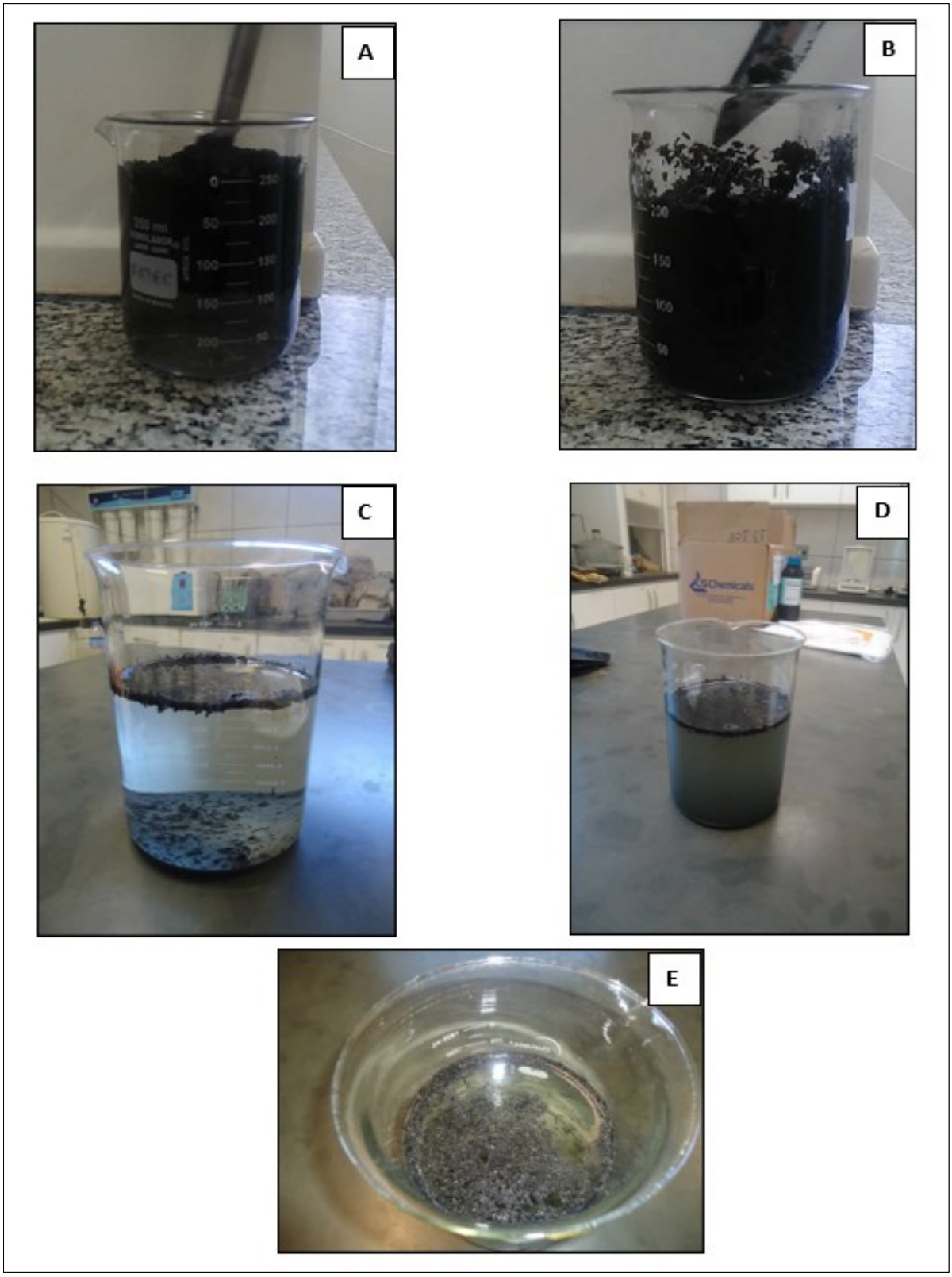
Tratamentos	Acidez gH_2SO_4/L	ART (%)
Vinhaça *in natura*	7,04	9,23
Carvão de Bambu	5,88	9,93
Carvão de Bagaço	6,06	9,48
Carvão ativado comercial	6,74	9,28
Água deionizada	3,11	11,55

Fonte: os autores (2015)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

Fotografia 2 - Mistura do carvão vegetal e ativado da palha da cana na água deionizada. A e B – carvão vegetal: antes e depois de forçar a diluição; C e D – carvão ativado: antes e depois de forçar a diluição. E – Vista por cima do béquer da tentativa de mistura do carvão ativado de palha com água



Fonte: os autores (2015)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 3 - Média de duas repetições para a viabilidade de células de leveduras e contaminação (bactérias e leveduras selvagens) durante o processo fermentativo utilizando-se do mosto de melaço diluído com vinhaça in natura, água deionizada e vinhaça submetida ao tratamento com carvão ativado de bambu, bagaço e comercial (Dinâmica®)

Tratamentos	Viabilidade Inicial (%)	Viabilidade Final (%)	Contaminação Inicial (UFC x 10^8 mL^{-1})	Contaminação Final (UFC x 10^8 mL^{-1})
Vinhaça *in natura*	79,53	88,84	4,3	10,6
Carvão de Bambu	94,23	90,27	2,9	3,9
Carvão de Bagaço	95,00	92,92	3,4	10,5
Carvão ativado comercial	89,36	89,45	2,6	3,5
Água deionizada	94,75	95,82	3,1	3,9

Fonte: os autores (2015)

Tabela 4 - Média de duas repetições para os teores de sólidos solúveis (oBrix), pH, Acidez sulfúrica, teor alcoólico do vinho e eficiência fermentativa após o processo fermentativo que se utilizou do mosto de melaço diluído com vinhaça in natura, água deionizada e vinhaça submetida ao tratamento com carvão ativado de bambu, bagaço e comercial (Dinâmica®).

Tratamentos	°Brix	pH	Acidez (g H_2SO_4 L^{-1})	Teor Alcoólico (%)	Eficiência Fermentativa (%)
Vinhaça	14	4,45	7,38	1,25	23,18
Carvão de Bambu	12	4,44	6,13	2,17	37,38
Carvão de Bagaço	13	4,40	6,31	1,81	32,74
Carvão ativado comercial	12,4	4,42	6,58	2,25	41,55
Água deionizada	4,3	4,13	4,24	5,45	80,75

Fonte: os autores (2015)

4 CONCLUSÃO

Não é possível a obtenção do carvão ativado de palha, possivelmente devido à constituição química e física do material e à presença de substâncias hidrofóbicas como, por exemplo, a cera epicuticular, presente na folha da cana-de-açúcar.

O carvão ativado dos diferentes materiais utilizados melhora as características da vinhaça *in natura* com redução de sólidos solúveis (média de 35%), acidez (91%), odor (redução do cheiro ruim) e contaminação (em 10 vezes somente carvão ativado de bambu) e aumento de pH em 3,9%.

Para o preparo do mosto, o ART dos tratamentos com os diferentes tipos de carvão ativado é menor em 21% do que com uso da água deionizada de diluição para o melaço. A acidez é parcialmente reduzida em 13% comparando-se os carvões ativados com a vinhaça *in natura*.

Para as análises microbiológicas se observa redução da viabilidade no mosto que continha vinhaça *in natura* (inicial igual a 79,43% e final de 88,84%) e no carvão ativado comercial (inicial em 89,36% e final em 89,45%) comparado aos demais tratamentos que permanecem acima de 90% no início e fim do processo fermentativo. A ordem de concentração da contaminação não é reduzida.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Para a qualidade do vinho foi observada baixa produção de etanol para os tratamentos que se utilizam de carvão ativado (média de 2,07%) comparado com o uso de água deionizada (5,45%). No entanto, comparado à vinhaça (1,25%), a produção de etanol com os tratamentos com carvão ativado é mais elevada.

É importante que o uso do carvão ativado seja aprimorado, pois se mostra promissor para tratamento da vinhaça e utilização desse efluente na diluição do melaço, no preparo do mosto.

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.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação dos solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental.** Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009.

COUTO, G. M**. Utilização da serragem de Eucalyptus sp. na preparação de carvões ativados.** 2009. 72 f. (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009).

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (CTC). **Manual de métodos de análises para açúcar.** Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2011. Disponível em CD Rom.

DE AQUINO, J. C. S. **Produção e avaliação da qualidade do carvão de bambu**. Trabalho de Graduação.Fatec, 2015. 30p.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**, 2. ed. Piracicaba, 2006, 240p.

FERREIRA, E. A., DEMUNER, A. J., SILVA, A. A, SANTOS, J. B., VENTRELLA, M. C., MARQUES, A. E.; PROCÓPIO, S. O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 611-619, 2005.

FOO, K.Y.; LEE, L. K.; HAMEED B. H. Preparation of activated carbon from sugarcane bagasse by microwave assisted activation for the remediation of semi-aerobic landfill leachate. **Bioresource Technology**, v. 134, p. 166–172, 2013.

JACQUES, K. A.; LYONS, T. P.; KELSALL, D. R. **The Alcohol Textbook - A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries**. Forth ed. Nottingham: Nottingham University Press, 2003, 448p.

JAGUARIBE, E. F.; MEDEIROS, L. L.; BARRETO M. C. S; ARAUJO L. P. The Performance of Activated Carbons from Sugarcane Bagasse, Babassu and Coconut Shells in Removing Residual Chlorine. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, V. 22, N. 1, p. 41 - 47, 2005.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

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.

LILLÓ-RÓDENAS, M. A.; LOZANO-CASTELLÓ, D.; CAZORLA-AMORÓS, D.; LINARES-SOLANO, A. Preparation of activated carbons from Spanish anthracite II. Activation by NaOH. **Carbon**, v. 39, p. 751–759, 2001.

OBSERVATÓRIO DA CANA – **Produção de etanol total safra 2020-2021**. Em: https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=2493&safra=2020%2F2021&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR. Acesso em: 02 dez. 2021.

OLIVEIRA, J. A.; GARBIN, J. R.; CÂMARA, C.; FRIGIERI, M. C.; MADALENO, L. L. Radiação ultravioleta no controle de micro-organismos na água de diluição e no mosto de melaço**. STAB – Sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 49-53, 2013.

PATIL, S. V. Compliance to zero liquid discharge norms in Indian distilleries: technical challenges and solutions. **Sugar industry/ Zucherindustrie**, v. 139, n. 10, p. 610-616, 2014.

PEREIRA, T. J.; **Estudo da utilização de vinhaça no preparo da cuba e na fermentação alcoólica.** 2009, 126f. Dissertação. Pós-graduação em tecnologia ambiental do centro de ciências exatas, naturais e tecnologias. Universidade de Ribeirão Preto, Campus de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto. 2009.

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.

REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M.; Avaliação do desempenho ambiental dos processos industriais de usinas sucroenergéticas: um estudo na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. **Revista de administração da UNIMEP**, v. 12, n. 3, p. 122-151, 2014.

SITI KHADIJAH C. O., SITI FATIMAH C. O., MISNON N. A., F. HANIM K. Utilization of sugarcane bagasse in the production of activated carbon for groundwater treatment. **International Journal of Engineering and Applied Sciences**. v. 1, n. 2, p. 76-85, 2012.