



TRATAMENTO DO EFLUENTE VINHAÇA ATRAVÉS DE FLOCULAÇÃO PARA REUSO INDUSTRIAL

Camila Rocha D. de Carvalho¹ e Prof. Dr. Fábio de Mello Resende¹

¹ *Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional*

RESUMO

O efluente gerado pelas usinas é a vinhaça, atualmente é utilizada para fertirrigação, porém, quando lançada em excesso no solo pode causar danos ao lençol freático. A presente pesquisa foi desenvolvida na cidade de João Pessoa – PB na Universidade Federal da Paraíba, de caráter exploratório e teve como objetivo analisar o tratamento do efluente vinhaça através de floculação, para reuso industrial, observando a viabilidade da clarificação desse efluente utilizando floculante. O floculante utilizado nos experimentos foi o tanino, um pilifenol de origem vegetal. Foram realizados nove experimentos, divididos em três bateladas, variando as faixas de pH, em meio ácido, neutro e alcalino. Também houve variação nas quantidades de floculante, com 1,0g, 3,0g e 5,0g de tanino vegetal em cada experimento. Foi observado que existe a possibilidade para clarificação da vinhaça para reuso. Para uma menor turbidez da vinhaça a melhor concentração de tanino vegetal utilizada foi de 5,0g em meio neutro.

Palavras-chave: Vinhaça, Tanino, Floculante, Turbidez, Clarificação.

1. INTRODUÇÃO

Em todo processo produtivo há produção de resíduos, onde podem ser reutilizados ou não. Na agroindústria sucroalcooleira, é produzido o bioetanol, onde são originados resíduos como bagaço da cana-de-açúcar, palha da cana-de-açúcar, vinhaça, entre outros.

Para cada litro de etanol são produzidos cerca de 10 a 13 litros de vinhaça, com diferentes concentrações de potássio. [Agência Embrapa, 2015].

Também conhecida como vinhoto, à vinhaça é um resíduo que se caracteriza por ter elevados níveis de acidez, coloração escura e ser rico em matéria orgânica. Sua origem se dá através da fermentação do melaço.

Atualmente, a maioria das agroindústrias sucroalcooleira faz fertirrigação, ou seja, irrigação da lavoura e adubação do solo com a com esse resíduo. Tal atitude proporcionou às

usinas uma relevante economia na adubação dos canaviais.

De acordo com Penatti [2005], a vinhaça provoca as seguintes melhorias no solo: elevação do pH; aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes do solo; melhoria na agregação e estruturação das partículas do solo devido ao fornecimento de matéria orgânica; favorecimento no aumento da retenção de água no solo; acréscimo no desenvolvimento de microrganismos e aceleração dos processos de mineralização e fixação dos nutrientes no solo.

Em linhas gerais pode-se afirmar que os maiores benefícios da fertirrigação são, a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e conseqüentemente o aumento da produtividade da cana.



No entanto, estudos mais recentes mostram que doses acima do recomendado de vinhaça ao solo, podem ser prejudiciais ao meio ambiente, pois pode haver acúmulo de contaminantes, com risco de contaminação do lençol freático.

Uma carga excessiva de nutrientes pode comprometer a qualidade da cana-de-açúcar, como consequência de sua aplicação prolongada no solo, evidenciado em alguns estudos realizados [GONÇALVES, 2008].

Em virtude do crescente uso da vinhaça como fonte de nutrientes, o presente trabalho tem como objetivo analisar outros meios de reuso da vinhaça, através do tratamento do efluente utilizando o floculante tanino, é um polifenol de origem vegetal, encontrado largamente no reino vegetal, possuindo coloração escura e pH neutro. Com o processo do tratamento de efluentes, tornando – próprio para reuso, pode-se evitar a fertirrigação da lavoura, buscando diminuir a contaminação do lençol freático.

2. METODOLOGIA

Os experimentos e análises foram realizados no Laboratório de Tecnologia Sucroalcooleira, na cidade de João Pessoa - PB, na Universidade Federal da Paraíba - UFPB, no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional – CTRD. A vinhaça utilizada foi fornecida pela Usina Japungú Agroindustrial S/A. Os testes foram realizados no período de dezembro de 2014 a janeiro de 2015.

O floculante utilizado para clarificar a vinhaça foi o tanino. Como mostra na Figura 01, o tanino vegetal encontra-se em pó, possui pH neutro e coloração escura.



Figura 1: Tanino.

Foram realizados nove experimentos divididos em três bateladas (B01; B02; B03), nas quais tinham como variação a quantidade de tanino utilizada (1,0 g; 3,0 g; 5,0 g). Cada batelada continha três experimentos (E01, E02; E03; E04; E05; E06; E08; E09), onde cada experimento tinha como variação o pH (3,5; 7,0; 10,0 – ácido, neutro e alcalino, respectivamente). Como mostra na figura 2, cada proveta da esquerda para direita, contém 500 mL de vinhaça, 1,0 g; 3,0 e 5,0 g de tanino respectivamente.



Figura 2: Vinhaça e quantidades de tanino.



Para desenvolvimento da pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: béquer; proveta; batedor de mesa; bastão de vidro; pHmetro; pipeta; copo descartável; espectrofotômetro; balança digital; vinhaça, tanino e hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Em todos os experimentos realizados, foi utilizada a mesma metodologia.

2.1 Primeira batelada

Para o desenvolvimento da primeira batelada (B01), foram realizados os experimentos: E01; E02; E03, onde todos continham o mesmo pH ácido de 3,5, variando as quantidades do floculante tanino. Em E01 contendo 1g do tanino; E02 contendo 3g do tanino vegetal e E03 contendo 5g do tanino.

2.1.1. Experimento 01

O experimento 01 (E01) ocorreu da seguinte forma: em uma proveta, foi medido 500 mL de vinhaça e depois colocado em um béquer. Em seguida, em uma balança digital, foi pesado 1,0 g do floculante, para ser adicionado à vinhaça contida no béquer. Após o tanino ter sido adicionado à vinhaça a mistura foi levada ao batedor de mesa, permanecendo durante 5 minutos para ser homogeneizada. Terminado o tempo de agitação, a mistura foi levada ao pHmetro, onde foi verificado seu pH que estava em 3,5. Depois da mistura ter passado pelo pHmetro, foi transferida para uma proveta e permanecendo em repouso durante 22 h, com o término do tempo de repouso, foi observado que a mistura estava dividida em duas fases, sendo uma líquida (clarificada) e outra sólida (lodo). Cada fase foi medida e anotada suas devidas quantidades.

Com o auxílio de uma pipeta foi separada a parte líquida do lodo, as fases da mistura contidas na proveta.

Da fase que chamamos de líquida, esta, clarificada, foi coletada uma amostra e levada ao espectrofotômetro a 540 .

2.1.2. Experimento 02

O experimento 02 (E02) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia do E01, porém houve variação na quantidade de floculante utilizado, pois em E02 foi pesado 3,0g de tanino vegetal para ser adicionado aos 500 mL de vinhaça.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH ácido em 3,5. O tempo de repouso foi de 22h.

2.1.3. Experimento 03

O experimento 03 (E03) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia dos experimentos anteriores, porém houve variação na quantidade de floculante utilizado, pois em E03, foi aumentada a quantidade de tanino utilizado para 5,0g para ser homogeneizado com os 500 mL de vinhaça.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH ácido em 3,5. O tempo de repouso foi de 22h.

2.2 Segunda batelada

Nesta etapa, batelada 02 (B02), foram realizados mais três experimentos: E04; E05; E06, como também foi desenvolvida com a mesma metodologia e mesma quantidade do floculante referente à batelada 01, porém houve variação nos valores do pH, nesta foram realizados testes com pH 7,0, neutro.

Para conseguir equilibrar o pH para neutro, foi adicionado hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), após o tempo de agitação, deixando o pH da mistura neutro.

2.2.1. Experimento 04



O experimento 04 (E04) ocorreu da seguinte forma: em uma proveta, foi medido 500 mL de vinhaça e depois colocado em um béquer. Em seguida, em uma balança digital, foi pesado 1,0g do floculante, para ser adicionado à vinhaça contida no béquer. Depois de adicionado o floculante à vinhaça a mistura foi levada ao batedor de mesa, permanecendo durante 5 minutos para ser homogeneizada. Terminado o tempo de agitação, a mistura foi levada ao pHmetro e aos poucos adicionando pequenas quantidades de Ca(OH)_2 até o pH atingir seu valor neutro de 7,0. Depois da mistura ter passado pelo pHmetro e atingir o pH neutro (7,0), foi transferida para uma proveta e permanecer em repouso durante 22h, com o término do tempo de repouso, foi observado que a mistura estava dividida em duas fases, sendo uma líquida (clarificada) e outra sólida (lodo). Cada fase foi medida e anotada suas devidas quantidades.

Com o auxílio de uma pipeta foi separada a parte líquida do lodo, as fases da mistura contidas na proveta.

Da fase que chamamos de líquida, esta, clarificada, foi coletada uma amostra e levada ao espectrofotômetro a 540 .

2.2.2. Experimento 05

O experimento 05 (E05) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia do experimento anterior (E04), porém houve variação na quantidade de floculante utilizado, pois em E05, aumentamos a quantidade de tanino utilizado para 3,0g para ser homogeneizado com os 500 mL de vinhaça.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH neutro em 7,0 e foi utilizado Ca(OH)_2 para neutralizar o pH. O tempo de repouso foi de 22h.

2.2.3. Experimento 06

O experimento 06 (E06) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia dos experimentos anteriores desta mesma batelada, porém em E06, houve variação da quantidade de floculante utilizado, neste experimento, foi aumentada a quantidade de tanino para 5,0g para ser homogeneizado com os 500 mL de vinhaça.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH neutro em 7,0 e foi utilizado Ca(OH)_2 para neutralizar o pH. O tempo de repouso foi de 22h.

2.3 Terceira batelada

Desenvolvida com a mesma metodologia utilizada nas bateladas anteriores, nesta etapa, a terceira batelada (B03), foram realizados mais três experimentos: E07; E08; E09, como também foi desenvolvida com a mesma metodologia e mesma quantidade do floculante referente às bateladas anteriores (B01 e B02), porém houve variação nos valores do pH, nesta foram realizados testes com pH 10,0, alcalino.

Assim como em B02, para equilibrar o pH e deixá-lo alcalino, foi adicionado hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), após o tempo de agitação, mantendo o pH da mistura em 10,0, ou seja, alcalino.

2.3.1. Experimento 07

O experimento 07 (E07) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia dos experimentos realizados em B02. Em E07, houve variação na quantidade de floculante utilizado, agora foi adicionado à vinhaça 1,0g de tanino. Os experimentos desta batelada, foram realizados com pH 10,0, ou seja, alcalino.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH alcalino em 10,0 e foi utilizado Ca(OH)_2 para neutralizar o pH. O tempo de repouso foi de 22h.



2.3.2. Experimento 08

O experimento 08 (E08) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia do experimento E07, porém houve variação na quantidade de floculante utilizado, pois em E08, aumentamos a quantidade de tanino utilizado para 3,0g para ser homogeneizado com os 500 mL de vinhaça. Este experimento foi realizado com pH 10,0, ou seja em meio alcalino.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH alcalino em 10,0 e foi utilizado $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para neutralizar o pH. O tempo de repouso foi de 22h.

2.3.3 Experimento 09

O experimento 09 (E09) foi desenvolvido utilizando a mesma metodologia do experimento E08, porém houve variação na quantidade de floculante utilizado, pois em E09, aumentamos a quantidade de tanino utilizado para 5,0g para ser homogeneizado com os 500 mL de vinhaça. Este experimento foi realizado com pH 10,0, ou seja em meio alcalino.

O tempo de agitação foram 5 minutos utilizando o batedor de mesa, o pH alcalino em 10,0 e foi utilizado $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para neutralizar o pH. O tempo de repouso foi de 22h.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 os dados obtidos referentes à primeira batelada com os experimentos E01, E02 e E03.

Tabela 1: Primeira batelada.

	B01		
	E01	E02	E03
Fase Sólida (mL)	104	145	265
Fase Líquida (mL)	396	355	235
Turbidez (mn)	0,401	0,304	0,471

A Tabela 01 mostra os resultados obtidos referentes à primeira batelada. Os valores referentes fase sólida e à líquida estão representados em mL e a turbidez esta representada em comprimento de onda (λ).

Adotando a característica da turbidez como fator mais importante para determinar o melhor resultado dos experimentos E01, E02 e E03, pode-se concluir que referente à B01, o melhor resultado obtido foi E02. Onde o mesmo possui a coloração mais clara, com 0,304 mn. Quanto menor o valor de λ , ou seja, mais próximo de zero, mais claro vai estar o efluente.

Em E02, o valor do lodo, ou seja, da fase sólida foi de 0,304 mn, então pode-se inferir que a perda de líquido foi de 29% dos 500 mL de vinhaça do experimento.

Os dados obtidos na Tabela 2 são referentes à segunda batelada contendo os experimentos E04, E05 e E06.

Tabela 2: Segunda batelada.

	B02		
	E04	E05	E06
Fase Sólida (mL)	79	150	230
Fase Líquida (mL)	421	350	270
Turbidez (mn)	1,590	0,259	0,119

Na segunda batelada podemos observar que o melhor resultado tendo



como referência a turbidez do efluente foi o experimento E06 com 0,119 mn.

Porém em E06 houve uma grande perda de amostra da fase líquida, pois o valor da fase sólida foi de 230 mL, o que corresponde a 46% dos 500 mL de vinhaça.

A Tabela 3 mostra os dados obtidos na terceira batelada, com os experimentos E07, E08 e E09.

Tabela 3: terceira batelada.

B03			
	E07	E08	E09
Fase Sólida (mL)	62	130	195
Fase Líquida (mL)	438	370	305
Turbidez (mn)	1,083	0,410	0,222

Tendo como referência a turbidez para classificar o melhor resultado, pode-se concluir que o melhor experimento obtido foi E09, com 0,222 mn.

Em E09 se formou 195 mL de fase sólida, o que corresponde a 39% dos 500 mL de vinhaça utilizada na realização do experimento.

O tanino, floculante utilizado possui sua cor característica escura, portando o mesmo não permite que o líquido clarificado fique cristalino. O mesmo tem como função decantar as impurezas da vinhaça, separando a mistura em duas fases uma líquida e outra sólida, o lodo. A fase líquida pode ser utilizada para reuso quando devidamente tratada.

De acordo com a portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, capítulo II, art. 5º. Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde.

Esta mesma portaria define que o pH da água potável esteja entre 6,5 e 8,5, ou seja, quanto mais neutra for a água, melhor para seu uso.

Na Tabela 4 se apresenta os melhores resultados de turbidez, na qual se pode observar que quanto mais próximo de zero for a turbidez, esta se encontra mais cristalina, com menos impurezas de terra contidas na vinhaça.

Tabela 4: Turbidez.

Turbidez			
Turbidez (mn)	0,304	0,119	0,222
Tanino (g)	1,0	3,0	5,0
Batelada	B01	B02	B03
Experimento	E03	E07	E10
Fase Sólida (%)	29	46	39
Fase Líquida (%)	71	54	61
pH	3,50	7,00	10,00
Meio	Ácido	Neutro	Alcalino

A Tabela 4 está apresentando os valores para referência da turbidez, ou seja, o quanto cristalina se encontra a fase líquida. O melhor resultado obtido foi o E06, onde possui 0,119 de turbidez, com uso de 3,0g de tanino e o pH encontra-se neutro, ou seja, encontra-se dentro dos padrões de potabilidade determinado na portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

O experimento E06 deixou a desejar, pois o valor da fase sólida, ou seja, do lodo foi de 46% dos 500 mL de vinhaça utilizadas para realização deste experimento.

Como já foi dito, quanto mais próximo de zero, ou seja, quanto menor o valor da turbidez, mais cristalina esta o líquido.

Portanto, outra observação interessante é variação na concentração do floculante, como mostra na Tabela 05.



Tabela 5: Maior turbidez.

Experimento	Batelada	Turbidez (mn)
E01	B01	0,401
E04	B02	1,590
E07	B03	1,083

Foram observados que os valores mais altos relativos à turbidez foram os testes realizados com as menores concentrações de floculante, com 1,0g de tanino.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que é possível clarificar o efluente vinhaça para reuso industrial, utilizando o floculante tanino. Devido à coloração amarelada do floculante, observa-se que o mesmo não tem o poder de clarificar a vinhaça, porém limpa a resíduo através da decantação, retirando as impurezas como terra contida na vinhaça.

As diferentes concentrações do floculante interferem na turbidez do líquido clarificado, onde os melhores resultados obtidos com relação à turbidez do líquido clarificado foram aqueles com maiores concentrações do floculante. O experimento E06, mostrou o melhor resultado quanto à coloração mais clara e com melhor quantidade de fase líquida e lodo gerado.

Os diferentes níveis de pH não mostram influências significativas na clarificação e quantidades de lodo gerado. Portanto o melhor resultado obtido com relação ao teor de pH foram os experimentos com pH neutro, no qual é a faixa que deve ser utilizada para água potável.

Para melhores resultados buscando deixar o efluente completamente cristalino, o mesmo pode passar por um

processo de filtração com carvão ativado para retirar a coloração amarelada deixada pelo floculante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROSETTO, R.; SANTIAGO, A.D.;
Aducação: Resíduos Alternativos.
Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em: fevereiro de 2015.

GONÇALVES, A. D. M. A., MIRANDA, J. H., ROSSI, P., SABADIN, J. F. G., KAMOGAWA, M. Y. *Temperature Effect in Potassium and Nitrate Ions in Soil Transport*. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.3, p.438-447, 2008.

Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Constituição Federal. Disponível em:
<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acessado em: dezembro de 2014.

PENATTI,C.P; ARAÚJO, J.V.; DONZELLI, J.L.; SOUZA, S.A.V.; FORTI, J.A.; RIBEIRO, R. *Vinasse: a liquid fertilizer. In: Proceedings of the XXVI Internacinal Society of Sugar Cane Technologists*. Guatemala, p. 403-411, 2005.