

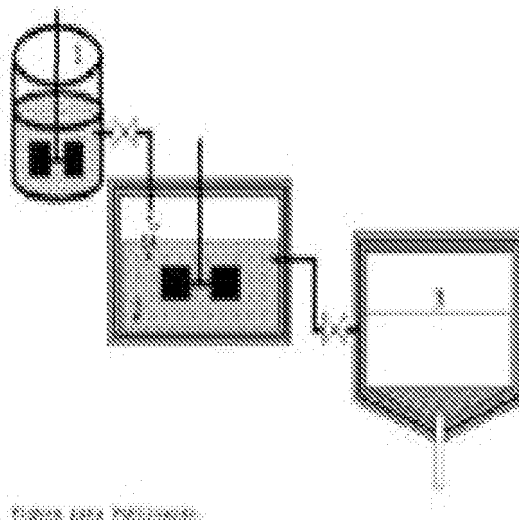
(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2016.04.19	(73) Titular(es):
(30) Prioridade(s): 2017.09.22 PT 20171000062201	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA RUA DE PEDRO SOARES, CAMPUS DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA 7800-295 BEJA
(43) Data de publicação do pedido: 2017.10.19	PT
(45) Data e BPI da concessão: 2020.05.04 89/2020	(72) Inventor(es): ANA RITA DA SILVA PRAZERES PT JÚNIA APARECIDA ALVES FERREIRA CATURRA PT MARIA FÁTIMA NUNES DE CARVALHO PT JOAO ALBERTO LELIS NETO BR
	(74) Mandatário: LÍGIA MARIA ARRUDA GATA GONÇALVES AV. DR. MÁRIO MOUTINHO, LT. 1519 - 7º ESQ. 1400-136 PT LISBOA

(54) Epígrafe: **PROCESSO DE TRATAMENTO DE VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR POR PRECIPITAÇÃO QUÍMICA BÁSICA COM ADIÇÃO DE UMA SOLUÇÃO CONCENTRADA DE BASE FORTE**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM PROCESSO PARA O TRATAMENTO DE VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR. ESTE PROCESSO COMPREENDE A ADIÇÃO DA UMA SOLUÇÃO CONCENTRADA DE UMA BASE FORTE (1), À MATRIZ (2) DE VINHAÇA BRUTA DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM CONDIÇÕES DE AGITAÇÃO DE 200 RPM A 700 RPM, A UMA TEMPERATURA VARIÁVEL DE 12°C A 28°C E COM AJUSTE DO DE PH ATÉ UM VALOR IGUAL OU SUPERIOR A 10. DESTE PASSO RESULTA A GERAÇÃO PRATICAMENTE IMEDIATA DE FLÓCULOS



DE PARTÍCULAS OU ESPÉCIES INSOLÚVEIS, DESIGNADAMENTE HIDRÓXIDO E CARBONATO DE MAGNÉSIO, HIDRÓXIDO E CARBONATO DE CÁLCIO, QUE APRISIONAM E ARRASTAM E APRISIONAM AS PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO E COLOIDAIAS, COM A SEDIMENTAÇÃO FLOCULENTA DOS AGREGADOS FORMADOS NUM TEMPO INFERIOR OU IGUAL A 2 HORAS, OBTENDO-SE DOIS SUBPRODUTOS DISTINTOS (3): O SOBRENADANTE OU ÁGUA RESIDUAL PRÉ-TRATADA, E O PRECIPITADO OU LAMA RESIDUAL. O PROCESSO ASSIM CONDUZIDO PERMITE REDUZIR SIGNIFICATIVAMENTE A CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO (73-80%), MAGNÉSIO (27-64%), AZOTO (12-24%), POTÁSSIO (11-19%) E FÓSFORO (53-74%), ELIMINANDO TAMBÉM MATÉRIA ORGÂNICA, ABSORVÂNCIAS E DUREZA. O PRECIPITADO APRESENTA ELEVADO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES (CA, MG, NA, K E P). DESTA FORMA, O

PRESENTE INVENTO INSERE-SE NO DOMÍNIO TÉCNICO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES.

RESUMO

Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica com adição de uma solução concentrada de base forte

A presente invenção diz respeito a um processo para o tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar. Este processo compreende a adição de uma solução concentrada de uma base forte (1), à matriz (2) de vinhaça bruta de cana-de-açúcar, em condições de agitação de 200 rpm a 700 rpm, a uma temperatura variável de 12°C a 28°C e com ajuste do pH até um valor igual ou superior a 10. Deste passo resulta a geração praticamente imediata de flóculos de partículas ou espécies insolúveis, designadamente hidróxido e carbonato de magnésio, hidróxido e carbonato de cálcio, que aprisionam e arrastam e aprisionam as partículas em suspensão e coloidais, com a sedimentação flocculenta dos agregados formados num tempo inferior ou igual a 2 horas, obtendo-se dois subprodutos distintos (3): o sobrenadante ou água residual pré-tratada, e o precipitado ou lama residual.

O processo assim conduzido permite reduzir significativamente a concentração de cálcio (73-80%), magnésio (27-64%), azoto (12-24%), potássio (11-19%) e fósforo (53-74%), eliminando também matéria orgânica, absorvências e dureza. O precipitado apresenta elevado teor de matéria orgânica e nutrientes (Ca, Mg, Na, K e P).

Desta forma, o presente invento insere-se no domínio técnico do tratamento de efluentes.

DESCRIÇÃO

Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica com adição de uma solução concentrada de base forte

Domínio Técnico da Invenção

A presente invenção diz respeito ao processo de tratamento de águas residuais, provenientes da indústria de etanol a partir de cana-de-açúcar, por precipitação química básica. O processo da presente invenção pode ser aplicado a estas águas residuais como pré-tratamento ou como pós-tratamento e apresenta com redução significativa de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo, bem como de outros subprodutos formados durante o processo mencionado, tais como um precipitado castanho claro a escuro, com sedimentação floculenta, propriedades básicas e rico em matéria orgânica e nutrientes, e sobrenadante básico rico em matéria orgânica e nutrientes.

Desta forma, o presente invento insere-se no domínio técnico do tratamento de efluentes.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Os Estados Unidos e o Brasil são os principais produtores mundiais de etanol. Geralmente, o etanol é produzido por processos de fermentação de açúcares por microrganismos específicos. A cana-de-açúcar é frequentemente utilizada como fonte de açúcares para a produção de etanol no Brasil, o qual é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar [Barbosa, E.

A., Arruda, F. B., Pires, R. C., Da Silva, T. J., & Sakai, E. (2012). Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(9), 952-958].

O etanol constitui um combustível bastante importante devido a menor emissão de gases com efeito de estufa, comparativamente aos combustíveis tradicionais. No entanto, a produção de etanol origina subprodutos, designadamente, bagaço, cinzas e vinhaça (águas residuais resultantes). Estas águas residuais, normalmente designadas por vinhaça de cana-de-açúcar, apresentam uma cor castanha clara e elevado conteúdo em sólidos suspensos totais, matéria orgânica e nutrientes.

Estes subprodutos, sobretudo a vinhaça, podem provocar vários problemas ambientais e de saúde pública. As águas residuais provenientes da indústria de etanol a partir de cana-de-açúcar apresentam um nível de contaminação cerca de 100 vezes o nível de contaminação das águas residuais domésticas. O nível de contaminação destas águas residuais deve-se ao teor em compostos orgânicos e ao conteúdo em nutrientes, como por exemplo, potássio, cloreto, cálcio, azoto, magnésio, sódio e fósforo. Quanto ao teor de matéria orgânica, avaliada pela carência química e bioquímica de oxigénio (CQO e CBO) pode apresentar valores no intervalo de 15000-45000 e 6500-25000 mg L⁻¹, respetivamente. Desta forma, o índice de biodegradabilidade (rácio CBO₅/CQO), genericamente, varia no intervalo de 0,40 a 0,60.

A vinhaça pode ser tratada por processos biológicos e físico-químicos. Neste sentido, a degradação biológica por processos anaeróbios tem sido frequentemente aplicada para o tratamento

de vinhaça [Souza, M. E., Fuzaro, G., & Polegato, A. R. (1992). Thermophilic anaerobic digestion of vinasse in pilot plant UASB reactor. *Water Science and Technology*, 25(7), 213-222; Wilkie, A. C., Riedesel, K. J., & Owens, J. M. (2000). Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 19(2), 63-102; Moraes, B. S., Junqueira, T. L., Pavanello, L. G., Cavalett, O., Mantelatto, P. E., Bonomi, A., & Zaiat, M. (2014). Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense?. *Applied Energy*, 113, 825-835; Mota, V. T., Araújo, T. A., & Amaral, M. C. S. (2015). Comparison of Aerobic and Anaerobic Biodegradation of Sugarcane Vinasse. *Applied biochemistry and biotechnology*, 176(5), 1402-1412].

Os processos aeróbios também tem sido estudados e aplicados para o tratamento de vinhaça [Magalhães, N. C., Silva, A. L. D., Amaral, M. C. S., Lange, L. C., & Neta, L. F. (2012). Treatment of Vinasse Employing Ultrafiltration Combined with Aerobic Bioreactor with Membrane and Post-treatment with Nanofiltration Allowing it to Reuse. *Procedia Engineering*, 44, 1923-1924; Mota, V. T., Araújo, T. A., & Amaral, M. C. S. (2015). Comparison of Aerobic and Anaerobic Biodegradation of Sugarcane Vinasse. *Applied biochemistry and biotechnology*, 176(5), 1402-1412].

O tratamento de vinhaça também tem sido conduzido através de processos de concentração, coagulação-floculação, membranas, oxidação e eletroquímicos.

As águas residuais provenientes da indústria do etanol podem provocar a depleção rápida de oxigénio nos recursos hídricos

quando descarregadas sem qualquer tipo de tratamento ou valorização, o que causa efeitos negativos nas espécies. Este efeito deve-se ao elevado conteúdo de matéria orgânica presente na vinhaça de cana-de-açúcar. Além disso, as águas residuais provenientes da indústria apresentam elevado nível de salinidade e sólidos em suspensão. Porém, a vinhaça de cana-de-açúcar constitui também um subproduto bastante interessante, pois apresenta um grande potencial para ser utilizado como fertilizante devido ao seu conteúdo em nutrientes, dos quais se pode destacar, potássio, cálcio, azoto, magnésio, fósforo, azoto, ferro, etc.

A quantidade e a temperatura da vinhaça associada à produção de etanol são fatores bastante preocupantes, uma vez que a produção de 1 litro de etanol pode levar à produção de 15 L de vinhaça com uma temperatura que pode chegar a 110°C à saída do processo de destilação.

As águas residuais provenientes da Indústria de Etanol a partir de cana-de-açúcar precisam de tecnologias e processos de tratamento que diminuam o teor de matéria orgânica e nutrientes. Estes efluentes apresentam elevada biodegradabilidade ($CBO_5/CQO \approx 0,5$), o que torna a aplicação de processos biológicos bastante atrativa com eficiência elevada de eliminação de matéria orgânica. No entanto, o tratamento de vinhaça por processos biológicos apresenta várias desvantagens, designadamente, funcionamento instável dos reatores e produção de efluentes que excedem os limites de descarga.

Outras tecnologias tem sido utilizadas para a gestão de vinhaça de cana-de-açúcar, designadamente, concentração, combustão, incineração, deposição no solo, etc. A deposição de vinhaça no

solo tem sido frequentemente reportada [de Resende, A. S., Xavier, R. P., de Oliveira, O. C., Urquiaga, S., Alves, B. J., & Boddey, R. M. (2006). *Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, NE Brazil. Plant and soil*, 281(1-2), 339-351; Tasso Júnior, L. C., Marques, M. O., Franco, A., Nogueira, G. D. A., Nobile, F. O. D., Camilotti, F., & Silva, A. R. D. (2007). *Yield and quality of sugar cane cultivated in sewage sludge, vinasse and mineral fertilization supplied soil. Engenharia Agrícola*, 27(1), 276-283; Lourencetti, C., de Marchi, M. R. R., & Ribeiro, M. L. (2008). *Determination of sugar cane herbicides in soil and soil treated with sugar cane vinasse by solid-phase extraction and HPLC-UV. Talanta*, 77(2), 701-709; Mariano, A. P., Crivelaro, S. H. R., Angelis, D. D. F. D., & Bonotto, D. M. (2009). *The use of vinasse as an amendment to ex-situ bioremediation of soil and groundwater contaminated with diesel oil. Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(4), 1043-1055], podendo melhorar as características físico-químicas do solo e a produtividade das culturas. No entanto, esta deposição no solo pode gerar problemas ambientais graves, tais como, contaminação de águas subterrâneas e salinização do solo.

O documento US2933524 "*Glutamic acid recovery*" divulga um processo de recuperação de ácido glutâmico a partir de xaropes de beterraba sacarina, que utiliza temperaturas elevadas e substâncias cáusticas fortes, como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio para hidrolisar precursores de ácido glutâmico em licores residuais de beterraba-sacarina selecionados (filtrado de Steffen e filtrado de bário). Este documento refere ainda um processo de precipitação de cálcio mas com recurso a CO₂. A presente proposta difere da patente

US2933524, uma vez que utiliza uma solução concentrada (6 N) de hidróxido de sódio para conseguir a precipitação química básica de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo de vinhaça de cana-de-açúcar em agitação e à temperatura de 12 a 28°C.

O documento US2796434 "*Recovery of glutamic acid values*" refere a recuperação de ácido glutâmico, em particular de ácido L-glutâmico, a partir de resíduos de fermentação, tais como vinhaça e "schlempfe". Neste documento refere-se a utilização de NaOH para a hidrólise da vinhaça, diferindo da presente invenção que propõe a utilização do NaOH como precipitante para tratamento de vinhaça com remoção de matéria orgânica e nutrientes.

O documento US2929681 "*Glutamic acid recovery*" refere-se à recuperação de ácido glutâmico a partir de soluções aquosas impuras, tais como hidrolisado de proteína, filtrado de bário, vinhaça, "schlempe", etc. De acordo com este documento, o processo de recuperação consiste em manter em contato estas soluções aquosas impuras com uma solução aquosa de um hidróxido de metal alcalino (hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio) em um determinado rácio molar a um pH entre cerca de 12,4 e cerca de 13 e temperatura entre 60 e 100°C. A presente invenção utiliza valores de pH entre 10,0 e 12,50 e temperatura de 12 a 28°C, contrariamente ao divulgado em US2929681 que especifica valores de pH entre 12,4 e 13,0 e temperaturas iguais ou acima de 60°C. Além disso, o processo da presente invenção propõe-se remover matéria orgânica e nutrientes de vinhaça de cana-de-açúcar e não recuperar ácido glutâmico.

O artigo "Pande, H. P., Sinha, B. K., Singh, G. B., & Solomon, S. (1995). Use of distillery waste as a fertilizer. *Sugarcane:*

agro-industrial alternatives, 401-413" divulga a aplicação de processos à vinhaça de cana-de-açúcar, nomeadamente, adição de cal e ácido fosfórico para precipitar biofertilizante, e dessalinização com H_2SO_4 e etanol e mistura do sedimento com fertilizantes convencionais. A presente invenção difere do divulgado neste artigo, pois gera o sobrenadante e o corretivo organomineral por precipitação em condições básicas por adição de apenas uma base forte, como por exemplo, hidróxido de sódio.

O artigo "Caqueret, V., Bostyn, S., Porte, C., & Fauduet, H. (2008). Optimization of the operating conditions for the removal of alcoholic insoluble compounds contained in sugar beet vinasse. *Chemical Engineering Journal, 145(2), 203-210*" divulga a purificação de vinhaça de açúcar de beterraba através de precipitação com etanol para eliminação de compostos insolúveis com as seguintes condições ótimas: relação em peso de etanol:vinhaça = 4,6 e temperatura = 21°C. Este artigo divulga a separação de matéria seca, proteínas e pectinas. A presente invenção difere do divulgado neste artigo, uma vez que utiliza precipitação com NaOH para valores de pH iguais ou superiores a 10,0 para tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar com redução de matéria orgânica e nutrientes.

O artigo "Ribas, M. M. F., Cereda, M. P., & Bôas, R. L. V. (2010). Use of cassava wastewater treated anaerobically with alkaline agents as fertilizer for maize (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology, 53(1), 55-62*" utiliza NaOH como um agente estabilizador (pH = 7,0) da fase acidogénica de tratamento anaeróbio de água residual resultante do processamento de farinha de mandioca. A presente invenção refere-se a um processo de tratamento que utiliza preferencialmente NaOH como precipitante e não como estabilizador. Além disso, este processo de precipitação

destina-se ao tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, aplicando o NaOH para valores de pH iguais ou superiores a 10,0, diferente do artigo referido anteriormente que estabiliza o efluente para condições próximas da neutralidade.

A tese de mestrado "Bichara, A. (2014). Tratamento de vinhaça por processos físico-químicos de precipitação química e flotação e sua utilização como meio de cultivo para a microalga de potencial bioenergético, *Chlorella vulgaris*" refere a precipitação química via NaOH para um intervalo de pH de 8,0 a 9,5 com redução de fósforo (31,3%), amoníaco (7,8%) e potássio (9,7%). Além disso, o trabalho de tese referido aplica a precipitação após adição de polímero sintético, floculação, sedimentação e microfiltração. O trabalho de tese refere também um tempo de agitação de 60 e 90 minutos, uma agitação de 65 rpm e uma solução de NaOH de 1,43 N. A presente invenção propõe a adição de NaOH para pH iguais ou superiores a 10 à vinhaça bruta sem qualquer tratamento prévio, com remoção de matéria orgânica, absorvâncias, dureza, cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo. Além disso, as eficiências de remoção de fósforo e potássio, do processo da presente invenção, são significativamente mais elevadas devido as condições básicas extremas utilizadas. O presente processo difere também do mencionado no trabalho de tese nos seguintes aspectos: a formação de flóculos é imediata (não necessitando de tempos de agitação de 60 e 90 minutos), a velocidade de agitação é mais violenta (200 a 700 rpm, preferencialmente, 350 rpm), e utiliza uma solução mais concentrada de NaOH (6 N).

A tese de mestrado "Lima, H. H. D. S. (2013). Tratamento físico-químico da vinhaça por coagulação e adsorção em carvão ativado do bagaço da cana-de-açúcar" refere o tratamento de

vinhaça por coagulação-floculação utilizando FeCl_3 , Al_2SO_4 e CaO , diferindo da presente invenção.

A tese de mestrado "Lóio, D. A. (2013). Tratamento físico-químico de vinhaça por coagulação, floculação e sedimentação e seu aproveitamento no cultivo da microalga *Chlorella vulgaris*" divulga a clarificação de vinhaça por processos de coagulação, floculação e sedimentação usando cloreto férrico, sulfato de alumínio, hidróxido de cálcio, tanino e polímeros sintéticos, diferindo da presente proposta que utiliza precipitação química com recurso a hidróxido de sódio.

A tese de mestrado "Sapla, R. B. (2012). Tratamento físico-químico da vinhaça de destilaria de etanol com biopolímero à base de cálcio" divulga a aplicação à vinhaça de processos de coagulação, floculação e sedimentação utilizando coagulantes tais como sulfato ferroso, cloreto férrico, óxido de cálcio, e biopolímero de cálcio. O NaOH foi utilizado apenas para ajustar o pH para aplicação dos processos de tratamento. A presente invenção difere do trabalho de tese, uma vez que aplica apenas a base forte, preferencialmente NaOH, como precipitante à vinhaça de cana-de-açúcar para valores de pH iguais ou superiores a 10,0.

O artigo "Zayas, T., Rómero, V., Salgado, L., Meraz, M., & Morales, U. (2007). Applicability of coagulation/flocculation and electrochemical processes to the purification of biologically treated vinasse effluent. *Separation and Purification Technology*, 57(2), 270-276" utiliza soluções de NaOH (1 M) apenas para ajustar o pH para aplicar processos de tratamento à vinhaça, diferindo assim da presente invenção.

Devido às características e ao volume produzido de vinhaça durante o fabrico de etanol, torna-se necessário a investigação de novas soluções para a gestão destas águas residuais.

As soluções propostas pelos métodos acima descritos apresentam como principais inconvenientes o elevado tempo de retenção e instabilidade dos reatores biológicos, colmatação dos processos de membranas, alguns processos não podem ser aplicados às temperaturas em que os efluentes são produzidos e outros exigem temperaturas elevadas e necessitam de vários compostos químicos para atingir o objetivo, e algumas tecnologias apresentam eficiências de remoção menores.

A presente invenção tem como objetivo resolver estes problemas através de um processo, que pode ser aplicado à vinhaça de cana-de-açúcar, tanto numa fase pré-tratamento como pós-tratamento da mesma e apresenta uma redução significativa de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo, bem como de outros indicadores de contaminação, designadamente, absorvâncias características, CQO e dureza total na matriz bruta, minimizando significativamente o nível de contaminação da vinhaça de cana-de-açúcar.

Para este efeito, o processo da presente invenção propõe o tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica com adição de uma solução concentrada de base forte.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O processo para o tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a presente invenção, compreende a adição da uma

solução concentrada de uma base inorgânica forte, preferencialmente de hidróxido de sódio a 6N, à matriz de vinhaça bruta de cana-de-açúcar, em condições de agitação de 200 rpm a 700 rpm, a uma temperatura variável de 12°C a 28°C e com ajuste do de pH a um valor igual ou superior a 10, com a sedimentação flocculenta dos agregados formados durante um tempo inferior ou igual a 2 horas, até à formação de dois subprodutos distintos: o sobrenadante, ou água residual pré-tratada, e o precipitado ou lama residual, tal como apresentado na reivindicação 1.

Para além disso, verifica-se uma redução significativa no teor de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo, em relação aos correspondentes valores presentes na vinhaça bruta, para valores compreendidos no intervalo de 73-80%, 27-64%, 12-24%, 11-19%, 53-74%, respetivamente.

Este processo de precipitação permite ainda diminuir outros indicadores de contaminação, designadamente, absorvâncias características (2-33%), CQO (13-15%) e dureza total (45-60%) na matriz bruta, minimizando significativamente o nível de contaminação da vinhaça de cana-de-açúcar.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito ao processo de tratamento de águas residuais, provenientes da indústria de etanol a partir de cana-de-açúcar, por precipitação química básica.

O processo de tratamento da presente invenção inicia-se com a adição de uma solução concentrada de uma base inorgânica forte, como por exemplo óxido de sódio (Na_2O), hidróxido de sódio

(NaOH), óxido de potássio (K_2O), hidróxido de potássio (KOH), óxido de cálcio (CaO), hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), etc., preferencialmente hidróxido de sódio (NaOH) à vinhaça de cana-de-açúcar (ou matriz), até se atingir um pH igual ou superior a 10,0, mais preferencialmente no intervalo de 10,0 a 12,50.

Este processo ocorre com a matriz (vinhaça de cana-de-açúcar) em agitação a uma velocidades que podem variar de 200 rpm a 700 rpm, preferencialmente de 250 rpm a 500 rpm, mais preferencialmente de 300 rpm a 400rpm, ainda mais preferencialmente a uma velocidade de 350 rpm, com temperatura variável de 12°C a 28°C, preferencialmente de 20°C a 25°C, mais preferencialmente de 22°C a 24°C.

Após a obtenção das condições operacionais pré-estabelecidas e acima mencionadas, com o valor de igual ou superior pH a 10, preferencialmente no intervalo de 10,0 a 12,50 (pH operacional), efetua-se a interrupção da agitação, e inicia-se a sedimentação flocculenta pela ação da gravidade dos flóculos de partículas ou espécies insolúveis formadas durante a adição da base forte à vinhaça.

Nestas condições, verifica-se a formação praticamente imediata de flóculos de partículas ou espécies insolúveis, como por exemplo de hidróxido e carbonato de magnésio, hidróxido e carbonato de cálcio.

Estes flóculos de partículas ou espécies insolúveis aprisionam e arrastam partículas em suspensão e coloidais formando aglomerados densos.

A sedimentação flocculenta destes aglomerados ocorre em tempos de sedimentação inferiores ou iguais a 2 horas, dependendo do

pH operacional e das características iniciais da matriz. Nesta fase é possível observar-se a ocorrência e deposição de um precipitado castanho composto essencialmente por matéria orgânica e outros elementos, como por exemplo cálcio e magnésio, apresentados em detalhe mais abaixo na Tabela 3.

O processo de precipitação básica com uma base forte, preferencialmente com NaOH a 6N, leva à formação e separação distinta de dois subprodutos: (i) um subproduto sólido, ou precipitado denso, que se deposita no fundo do reator, designando-se de lama, e (ii) um subproduto líquido, que se designa de sobrenadante ou efluente pré-tratado.

O sobrenadante apresenta matéria orgânica biodegradável e nutrientes como cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo. O precipitado gerado na precipitação básica é rico em matéria orgânica, cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1. Remoção de absorvâncias (220, 254 e 410 nm) no tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, numa realização preferencial da invenção, por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs.

Figura 2. Remoção de fósforo, cálcio e magnésio no tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, numa realização preferencial da invenção, por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs.

Figura 3. Esquema da do processo de precipitação química básica, numa realização preferencial da invenção, com adição

de NaOH, para tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, com redução de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo, em que:

- 1 - Solução concentrada de base inorgânica forte;
- 2 - Adição de solução concentrada de NaOH à vinhaça bruta de cana-de-açúcar em agitação;
- 3 - Formação de sobrenadante e precipitado após sedimentação por ação da gravidade de forma floculenta de flóculos de partículas ou espécies insolúveis.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA FORMA PREFERENCIAL DA INVENÇÃO

O presente evento refere-se a um processo inovador de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica através da adição de uma solução concentrada de uma base inorgânica forte, como por exemplo óxido de sódio (Na_2O), hidróxido de sódio (NaOH), óxido de potássio (K_2O), hidróxido de potássio (KOH), óxido de cálcio (CaO), hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), preferencialmente de hidróxido de sódio, numa única etapa ou em várias etapas.

Este processo tem como objetivo reduzir o nível de contaminação em termos de cálcio, magnésio, azoto, potássio, fósforo, matéria orgânica (CQO), absorvâncias a diferentes comprimentos de onda (220, 254 e 410 nm) e dureza, de águas residuais provenientes da indústria de etanol, gerado a partir de cana-de-açúcar.

Para esse efeito, pretende-se obter a formação de flóculos de partículas ou espécies químicas insolúveis, as quais têm tendência a sedimentar por ação da gravidade de forma floculenta, originando dois subprodutos distintos: (i)

sobrenadante ou água residual pré-tratada, e (ii) precipitado ou lama residual.

Assim, o processo da presente invenção, para o tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, compreende a adição da uma solução concentrada a 6N de uma base forte, preferencialmente de hidróxido de sódio, à matriz de vinhaça bruta de cana-de-açúcar, em condições de agitação de 200 rpm a 700 rpm, a uma temperatura variável de 12°C a 28°C e com ajuste do de pH a um valor igual ou superior a 10.

Numa forma de realização preferencial o pH é ajustado a um valor no intervalo de 10,0 a 13,0, mais preferencialmente é ajustado a um valor no intervalo de 12,0 a 12,5.

Numa outra forma de realização preferencial da invenção, a velocidade de agitação varia de 250 rpm a 500 rpm, preferencialmente de 300 rpm a 400 rpm e ainda mais preferencialmente, a velocidade de agitação é estabelecida a 350 rpm.

Ainda numa outra realização preferencial da invenção, a temperatura do processo varia de 20°C a 25°C, preferencialmente de 22°C a 24°C.

Assim, na forma mais preferida de realização da invenção, adição da uma solução concentrada a 6N de uma base forte, preferencialmente de hidróxido de sódio, à matriz de vinhaça bruta de cana-de-açúcar, dá-se em condições de agitação a cerca de 350 rpm, a uma temperatura variável de 22°C a 24°C, com um valor de pH num intervalo de 12,0 a 12,5.

Após a obtenção das condições operacionais pré-estabelecidas e acima mencionadas, efetua-se a interrupção da agitação, e inicia-se a sedimentação flocculenta pela ação da gravidade dos flóculos de partículas ou espécies insolúveis formadas durante a adição da base forte à vinhaça.

Os sobrenadantes (i) e precipitados (ii) formados em resultado da aplicação do processo da presente invenção apresentam propriedades básicas, podendo ser valorizados por meio de processos biológicos e/ou físico-químicos. O processo exhibe inúmeros benefícios relativamente aos processos tradicionais utilizados, nomeadamente:

- O processo de precipitação química básica com uma base forte, preferencialmente NaOH, trata-se de um processo físico-químico e, por essa razão o seu funcionamento não é posto em causa devido às alterações das características da matriz nem do volume de vinhaça formado durante o processo de produção de etanol;
- O processo de precipitação química básica com uma base forte, preferencialmente NaOH, não necessita de reatores sofisticados e dispendiosos, sendo facilmente implementado e executado para o tratamento de efluentes brutos, sem necessidade de uma comunidade de microrganismos específica, que tem de ser adquirida ou mantida para esse efeito;
- O processo da presente invenção pode ser aplicado à água residual bruta sem necessidade de um tratamento prévio, e em condições ambientais comuns, sem qualquer tipo de ajuste prévio para o efeito;

- O processo apresenta aplicabilidade a uma grande variedade de efluentes agroindustriais e industriais, com eventual adaptação de algumas etapas;
- O agente precipitante básico, preferencialmente o NaOH, pode ser aplicado numa única etapa ou em várias etapas até que o pH ótimo seja alcançado;
- A formação de flóculos de partículas ou de espécies químicas insolúveis é praticamente imediata, por isso a velocidade de reação é muito rápida;
- O processo da presente invenção resulta numa substancial redução de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo entre 11 e 80% da vinhaça, diminuindo significativamente o nível de contaminação da vinhaça de cana-de-açúcar;
- O processo da presente invenção possibilita ainda a redução de matéria orgânica (CQO), absorvências características e dureza total no intervalo de 2 a 60%, valores dependentes do reagente e quantidade adicionado;
- Os subprodutos formados durante o processo da presente invenção são bastante estáveis, não sofrendo fenómenos de putrefação enquanto mantidos em condições básicas;
- A precipitação química básica, de acordo com a presente invenção, produz um efluente biodegradável ($CBO_5/CQO \approx 0,50$), podendo ser posteriormente processado por tecnologias biológicas, tais como, degradação aeróbia e anaeróbia, fermentação e zonas húmidas artificiais;

- O efluente tratado pode ser afinado por processos físico-químicos, nomeadamente, coagulação-floculação com sais de alumínio e ferro, precipitação química ácida com ácidos fortes, e oxidação avançada, bem como reutilizado em plantas com tolerância moderada a elevada ao nível de salinidade;
- O precipitado deposita-se no fundo do reator pela ação da gravidade sem necessidade de utilizar agentes químicos adicionais, tais como coagulantes e/ou floculantes;
- O tempo de sedimentação, para ocorrer a deposição total dos flóculos formados é relativamente curto, sucedendo entre 0 e 2 horas, dependendo do reagente e quantidade adicionado;
- A quantidade de lama gerada no processo de precipitação corresponde a um volume no intervalo de 11 a 38%, dependendo das condições operacionais selecionadas, tal como a quantidade do reagente adicionado;
- O volume de lama pode ser reduzido por processos simples, designadamente, processos de filtração e utilização de centrífugas, obtendo-se um volume de lama de apenas de 3 a 6%;
- As lamas da precipitação química básica com NaOH apresentam elevado conteúdo em matéria orgânica (valores $\geq 57\%$), sendo também ricas em nutrientes (por ordem crescente): cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo;
- As lamas apresentam potencial de valorização na agricultura como corretivos organominerais em solos.

EXEMPLOS

Exemplo 1:

Para efeitos de avaliação dos resultados e eficiência do processo da presente invenção, efetuou-se a comparação entre a composição físico-química da vinhaça de cana-de-açúcar sem qualquer tratamento e após tratamento com o processo da presente invenção.

Neste exemplo apresenta-se a composição físico-química de vinhaça de cana-de-açúcar sem ter sido submetida a qualquer tratamento (Tabela 1) - exemplo comparativo.

A vinhaça proveniente de uma indústria de produção de etanol de São Paulo (Brasil). Foi dividida em 2 lotes, sendo um dos lotes (L1) o lote testemunha, i.e. não sujeito a qualquer tratamento, e o segundo lote (L2) o lote que foi sujeito ao processo de tratamento da presente invenção.

Ambos os lotes de vinhaça bruta (sem tratamento) foram sujeitos a caracterização físico-química de acordo com métodos padronizados e realizada em triplicado.

Tabela 1. Composição físico-química de vinhaça de cana-de-açúcar do lote L1 (comparativo)

Parâmetro	Unidades	Média
pH	-	4,29±0,03
Condutividade	dS m ⁻¹	8,43±0,19
Potencial redox	mV	37,1±58,2
CQO	mg L ⁻¹	31170±492

CBO ₅	mg L ⁻¹	15467±289
CBO ₁₇	mg L ⁻¹	19633±764
CBO ₅ /CQO	-	0,50±0,02
Sólidos totais	g L ⁻¹	22,0±0,4
Sólidos voláteis	g L ⁻¹	14,4±0,7
Sólidos fixos	g L ⁻¹	8,1±0,3
Óleos e gorduras	mg L ⁻¹	1186±339
Dureza total	mg L ⁻¹ CaCO ₃	3339,9±312,5
Dureza cálcica	mg L ⁻¹ CaCO ₃	1512,6±158,0
Dureza magnesiânica	mg L ⁻¹ CaCO ₃	1827,3±171,9
Azoto Kjeldahl	mg N L ⁻¹	489,4±103,9
Azoto amoniacal	mg N L ⁻¹	46,2±0
Cálcio	mg L ⁻¹	605,0±63,2
Magnésio	mg L ⁻¹	444,1±41,8
Potássio	mg L ⁻¹	2480,6±89,7
Fósforo	mg L ⁻¹	51,0±35,5
Sódio	mg L ⁻¹	151,5±8,5
Cloreto	mg L ⁻¹	2335,2±254,0

CQO - Carência química de oxigênio;

CBO₅ - Carência bioquímica de oxigênio;

CBO₅/CQO - Biodegradabilidade.

Assim, pelos dados apresentados na Tabela 1 foi possível observar que a vinhaça de cana-de açúcar exibe propriedades ácidas (pH = 4,29±0,03), forte odores, sólidos sedimentáveis e elevado nível de salinidade (8,43±0,19 dS m⁻¹). Esta matriz mostrou um valor médio de potencial redox de 37,1 mV.

O teor de matéria orgânica constitui um dos indicadores de contaminação mais preocupantes da vinhaça de cana-de-açúcar, apresentando um valor médio de 31170 mg L⁻¹ para o parâmetro CQO e 15467 mg L⁻¹ para o parâmetro CBO₅.

Adicionalmente, exibe um índice de biodegradabilidade (0,50±0,02) que permite a aplicação de processos biológicos. O teor de sólidos voláteis representa cerca de 65%.

A vinhaça trata-se de um efluente rico em nutrientes como potássio (≈ 2,5 g L⁻¹), cloreto (≈ 2,3 g L⁻¹), cálcio (≈ 0,6 g L⁻¹), azoto (≈ 0,5 g L⁻¹), magnésio (≈ 0,4 g L⁻¹), etc.

Exemplo 2:

Neste exemplo é apresentada a composição físico-química de vinhaça de cana-de-açúcar tratada de acordo com a presente invenção, i.e. por tratamento com processo de precipitação de química básica (Tabela 2) - exemplo inventivo.

O processo de precipitação química básica foi aplicado a várias amostras de vinhaça de cana-de-açúcar bruta (do lote identificado como L2), idêntica à do exemplo anterior, em agitação constante de 200 a 700 rpm, em que:

3 amostras foram agitadas a uma velocidade de 200 rpm,

3 amostras foram agitadas a uma velocidade variável de 250 rpm a 500 rpm,

3 amostras foram agitadas a uma velocidade variável de 300 rpm

3 400 rpm;

3 amostras foram agitadas a uma velocidade de 350 rpm; e

3 amostras foram agitadas a uma velocidade de 700 rpm.

A agitação das amostras ocorreu em ambiente em contacto com a atmosfera e a diferentes temperaturas, variáveis de 12°C a 28°C, em que:

3 amostras foram agitadas a uma temperatura variável de 20°C a 25°C, e

3 amostras foram agitadas a uma temperatura variável de 22°C a 24°C.

Em seguida promoveu-se a adição de uma solução concentrada (6 N) de uma base forte, hidróxido de sódio (NaOH) para valores de pH iguais ou superiores a 10,0.

Para a definição do pH de operação, adicionou-se uma concentração de reagente entre 5,8 e 9,1 g L⁻¹ de vinhaça, em que:

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 10,00,

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 10,27,

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 11,13,

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 12,17,

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 12,50,

3 amostras foram ajustadas para valores de pH cerca de 13,00,

A adição da solução concentrada de base forte à vinhaça bruta, em agitação e temperaturas acima indicadas, leva ao aumento da alcalinidade da água (pH) com geração praticamente imediata de flóculos de partículas ou espécies insolúveis (hidróxido e carbonato de magnésio, hidróxido e carbonato de cálcio), que permitem o arraste das partículas em suspensão e coloidais com eliminação da contaminação presente na vinhaça. Os flóculos formados com as partículas em suspensão e coloidais aprisionadas sedimentam de forma floculenta pela acção da gravidade em tempos inferiores ou iguais a 2 horas.

O processo de precipitação química básica leva à formação de um efluente tratado (i) e um precipitado (ii).

O efeito da utilização da precipitação química básica para o tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar monitorizou-se através da avaliação de pH, condutividade elétrica, potencial redox, absorvâncias características (nos comprimentos de onda de 220, 254 e 410 nm), CQO, CBO_5 , dureza total, cálcio, magnésio, azoto Kjeldahl, potássio, fósforo, sódio, sólidos totais, sólidos voláteis, e sólidos fixos, com a metodologia referida no exemplo 1.

As eficiências de eliminação de cada parâmetro avaliado dependem das condições de funcionamento, especificamente do pH de operação. As absorvâncias estudadas (220, 254 e 410 nm) apresentaram uma redução no intervalo de 2-33% (Figura 1).

Figura 1. Remoção de absorvâncias (220, 254 e 410 nm) no tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs.

A eliminação máxima de cerca de 15% da matéria orgânica (CQO) foi verificada para pH próximo de 12,5. O processo mostrou-se bastante eficiente para redução de fósforo (53-74%), cálcio (73-80%) e magnésio (27-64%) (Figura 2), dependendo das condições de operação. O processo também permitiu obter eficiências de eliminação significativas de azoto (12-24%) e potássio (11-19%).

Figura 2. Remoção de fósforo, cálcio e magnésio no tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs.

O efluente tratado através de precipitação química básica de vinhaça de cana-de-açúcar foi caracterizado com determinação de pH, condutividade elétrica, potencial redox, absorvâncias características (nos comprimentos de onda de 220, 254 e 410 nm), CQO, CBO₅, dureza total, cálcio, magnésio, azoto Kjeldahl, potássio, fósforo, sódio, sólidos totais, sólidos voláteis, e sólidos fixos. A Tabela 2 apresenta as propriedades de efluentes tratados pelo processo proposto a diferentes pHs de operação e em diferentes condições de temperatura e agitação. Os efluentes tratados demonstram propriedades básicas com valores de pH no intervalo de 10,0-12,3.

Os efluentes tratados mostram potenciais redox negativos (-440,6-(-637,6 mV)) e valores de matéria orgânica (CQO) compreendidos entre 24748 e 29262 mg L⁻¹ com um índice de biodegradabilidade de aproximadamente 0,5, potencializando a aplicação de pós-tratamento por processos biológicos. Além disso, os efluentes tratados apresentam na sua composição nutrientes, tais como, cálcio, magnésio, azoto Kjeldahl, potássio, fósforo e sódio.

Na Tabela 2 é apresentada a composição físico-química dos vários lotes L2 de vinhaça de cana-de-açúcar tratados por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs e diferentes condições de agitação e temperatura.

Tabela 2. Caracterização da composição físico-química dos lotes de vinhaça de cana-de-açúcar tratados com o processo de precipitação básica *Ou modifica-se acima ou na tabela

Parâmetro	Unidades	pH de operação			
		10,27	11,13	12,17	12,50
Concentração de precipitante	gL ⁻¹ de vinhaça	5,8	6,2	7,7	9,1
pH do sobrenadante	-	10,01	10,46	11,86	12,28
Potencial redox	mV	-520,3	-440,6	-620,8	-637,6
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	12,83	14,06	15,00	16,79
Absorvância a 220 nm ^a	cm ⁻¹	2085	2375	2522	2160
Absorvância a 254 nm ^a	cm ⁻¹	1299	1541	1699	1545
Absorvância a 410 nm ^a	cm ⁻¹	0,286	0,321	0,311	0,280
CQO	mg L ⁻¹	25393	29262	29262	24748
Sólidos totais	gL ⁻¹	30,4	31,1	36,0	45,4
Sólidos voláteis	gL ⁻¹	17,7	17,8	20,7	28,4
Sólidos fixos	gL ⁻¹	12,7	13,3	15,2	17,0
Dureza total	mgL ⁻¹ CaCO ₃	2025,8	1841,7	1473,3	1657,5
Dureza cálcica	mg L ⁻¹ CaCO ₃	552,5	736,7	736,7	552,5
Dureza magnésiana	mg L ⁻¹ CaCO ₃	1473,3	1105,0	736,7	1105,0
Cálcio	mg L ⁻¹	221,0	294,7	294,7	221,0
Magnésio	mg L ⁻¹	358,0	268,5	179,0	268,5
Azoto Kjeldhal	mg L ⁻¹	320,0	280,4	326,6	323,3
Potássio	mg L ⁻¹	2201,3	2297,0	2105,6	2297,0
Fósforo	mg L ⁻¹	59,4	32,7	47,5	50,5
Sódio	mg L ⁻¹	3627,0	3906,0	4743,0	5580,0

CQO - Carência química de oxigênio;

^aValores de absorvância após diluição de vinhaça tratada com água destilada numa relação de 1/50.

O processo de precipitação química básica com adição de solução concentrada (6 N) de NaOH à vinhaça em agitação, para valores de pH iguais ou superiores a 10,0, permite a formação praticamente imediata de flóculos de partículas ou espécies insolúveis, designadamente hidróxido e carbonato de magnésio, hidróxido e carbonato de cálcio, que aprisionam e arrastam partículas em suspensão e coloidais, tal como se pode observar na Tabela 2 acima e Fig. 1 e 2.

Após a interrupção da agitação, observa-se a sedimentação imediata dos agregados de flóculos formados pela ação da gravidade de forma floculenta, originando um sólido (precipitado ou lama) num tempo de sedimentação inferior ou igual a 2 horas.

A Tabela 3 apresenta a composição físico-química de precipitados obtidos no tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar pelo processo da presente invenção, i.e. por precipitação química básica com adição de NaOH a diferentes pHs.

Tabela 3. Composição físico-química de precipitados resultantes do tratamento por precipitação química básica

Parâmetro	Unidades	Valor			
pH	-	10,27	11,13	12,17	12,50
Volume de lama	mL L ⁻¹ de vinhaça	107	318	305	380
Volume de lama centrifugada	mL L ⁻¹ de vinhaça	30	35	50	55

Matéria seca	g L ⁻¹ de vinhaça	4,9	6,9	7,0	7,1
Matéria orgânica	%	68,0	60,7	58,2	57,3
Cálcio	g kg ⁻¹	82,6	53,3	57,7	51,8
Magnésio	g kg ⁻¹	27,3	34,0	47,7	44,0
Potássio	g kg ⁻¹	13,1	20,1	17,7	23,2
Fósforo	g kg ⁻¹	8,0	7,9	6,1	5,9
Sódio	g kg ⁻¹	21,3	31,3	44,6	50,9

O volume de precipitado (ii) formado varia entre 11 e 38% em relação ao volume inicial de água residual, variando com as condições de operação. O volume de precipitado pode ser reduzido para valores de 30 a 55 mL L⁻¹ de vinhaça, quando se aplica processos de centrifugação à lama obtida. O precipitado apresenta propriedades básicas, sendo rico em matéria orgânica (573-680 g kg⁻¹). Além disso, este precipitado apresenta elevado teor em nutrientes, tais como, cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo.

Desta forma, o precipitado obtido apresenta grande potencialidade como corretivo e fertilizante de solos.

A Figura 3 ilustra a precipitação química básica com adição de solução concentrada (6 N) de base forte, especificamente, NaOH (1) para tratamento de vinhaça bruta de cana-de-açúcar em agitação (2), com redução preferencialmente de cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo no sobrenadante obtido e formação de precipitado (3) rico em matéria orgânica e nutrientes.

Em resumo, é possível verificar-se que a aplicação do processo da presente invenção a vinhaça de cana-de-açúcar apresenta inúmeras vantagens sobre os processos de tratamento de

efluentes gerados pela indústria do etanol à base de cana-de-açúcar.

O processo de precipitação básica com NaOH apresenta-se como uma alternativa promissora para o tratamento de águas residuais provenientes da indústria de etanol com diminuição do nível de contaminação em termos de cálcio, magnésio, azoto, potássio, fósforo, matéria orgânica (CQO), absorvâncias a diferentes comprimentos de onda (220, 254 e 410 nm) e dureza.

Adicionalmente, os efluentes resultantes da precipitação química básica são estáveis quando mantidos nas condições de produção mas bastante suscetíveis ao afinamento através de diferentes processos biológicos e físico-químicos. Geralmente, os processos biológicos apresentam dificuldade para conseguir uma atividade microbiológica que permita eficiências aceitáveis devido a falta de alcalinidade.

Assim, este processo de precipitação básica pode mitigar os problemas de instabilidade da atividade microbiológica dos reatores biológicos, aliado ao fato de o efluente pré-tratado por este processo apresentar rácio entre CBO_5 e CQO próximo de 0,5.

Por outro lado, o processo de precipitação química básica com NaOH pode ser utilizado como pós-tratamento de efluentes biodegradados ou pré-tratados provenientes da indústria de etanol.

O processo é muito versátil, podendo adaptar-se facilmente às variações nas características e nos caudais dos efluentes produzidos na Indústria de Etanol. A simplicidade do processo permite a sua fácil e rápida execução, podendo ser concretizado

em reatores baratos e simples que necessitam apenas de agitar, durante um curto espaço de tempo, a vinhaça em condições ambientais. O processo não precisa de uma etapa prévia de preparação dos efluentes, nem da adição de agentes químicos complementares para aumentar a velocidade de reação ou sedimentação. O precipitante aplicado é bastante comum na indústria, mas com outros objetivos.

Os subprodutos formados (sobrenadante e precipitado) durante o tratamento de vinhaça por processo de precipitação química básica podem ser valorizados na agricultura como soluções nutritivas e corretivos organominerais devido à sua riqueza em matéria orgânica biodegradável e nutrientes. Assim, as empresas produtoras destes efluentes podem ter retorno económico no tratamento dos efluentes. A aplicação a vários efluentes provenientes da agroindústria e indústria constitui outra vantagem importante do processo de precipitação química básica.

Lisboa, 22.09.2017

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar caracterizado por compreender:
 - a) a adição da solução concentrada de uma base inorgânica forte (1), preferencialmente de hidróxido de sódio a **6N**, à matriz (2) de vinhaça bruta de cana-de-açúcar, em condições de agitação de 200 rpm a 700 rpm, a uma temperatura variável de 12°C a 28°C e consequente ajuste do de **pH até um valor igual ou superior a 10**;
 - b) a interrupção da agitação após a formação floclulenta dos agregados; e
 - c) a sedimentação dos agregados formados, durante um tempo inferior ou igual a 2 horas, até à formação de dois subprodutos distintos (3): o sobrenadante e o precipitado.

2. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se ajustar o valor de pH num intervalo de 10,0 a 13,0.

3. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por se ajustar o valor de pH num intervalo de 12,0 a 12,5.

4. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por a velocidade de agitação ser variável de 250 rpm a 500 rpm.

5. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado por a velocidade de agitação ser variável de 300 rpm a 400 rpm.

6. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado por a velocidade de agitação ser estabelecida a 350 rpm.
7. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado a temperatura variar de 20°C a 25°C.
8. Processo de tratamento de vinhaça de cana-de-açúcar, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado por a temperatura variar de 22°C a 24°C.

Lisboa, 04.03.2020.

Desenhos

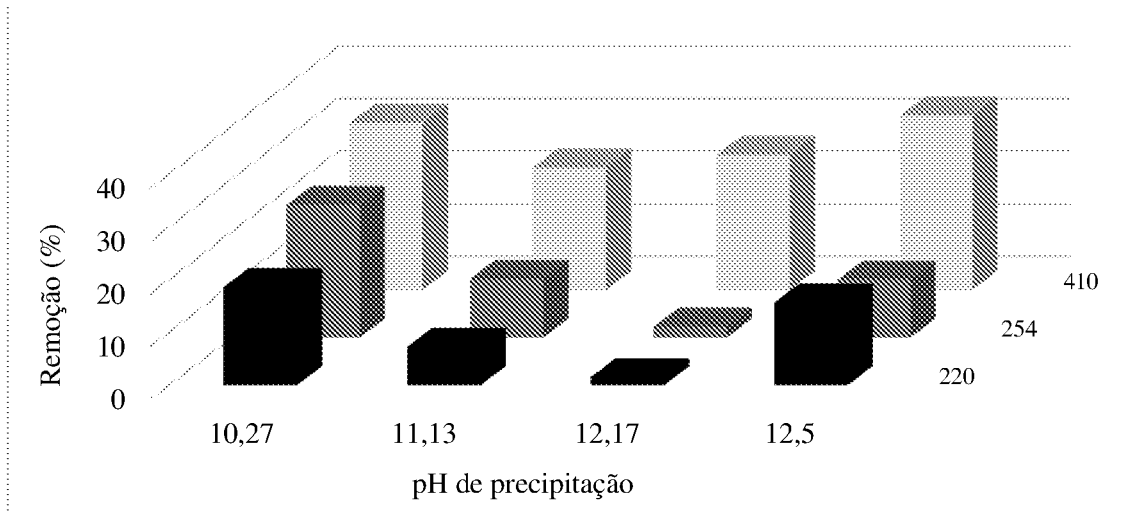


Figura 1.

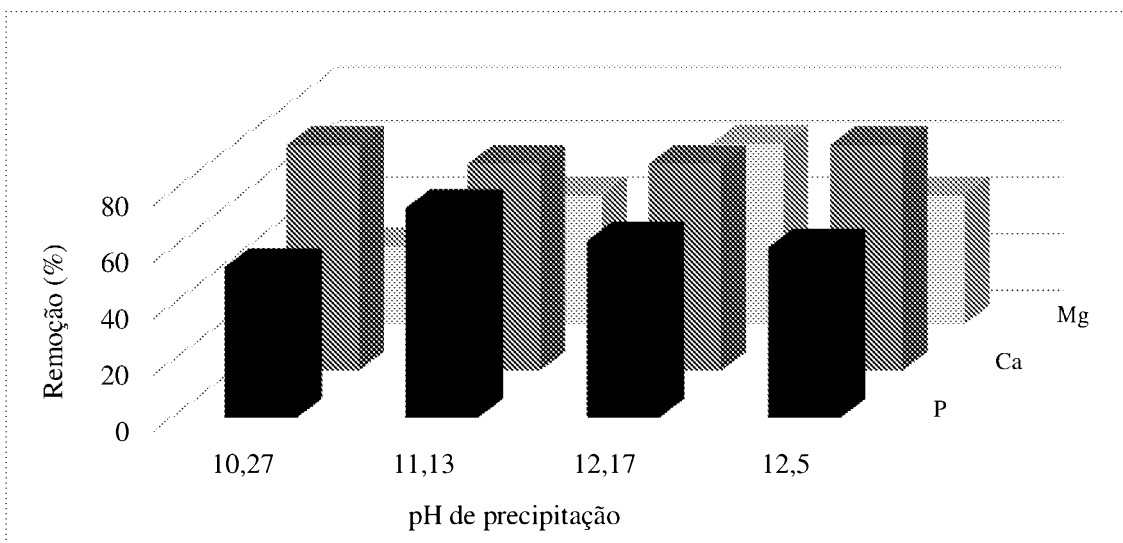


Figura 2.

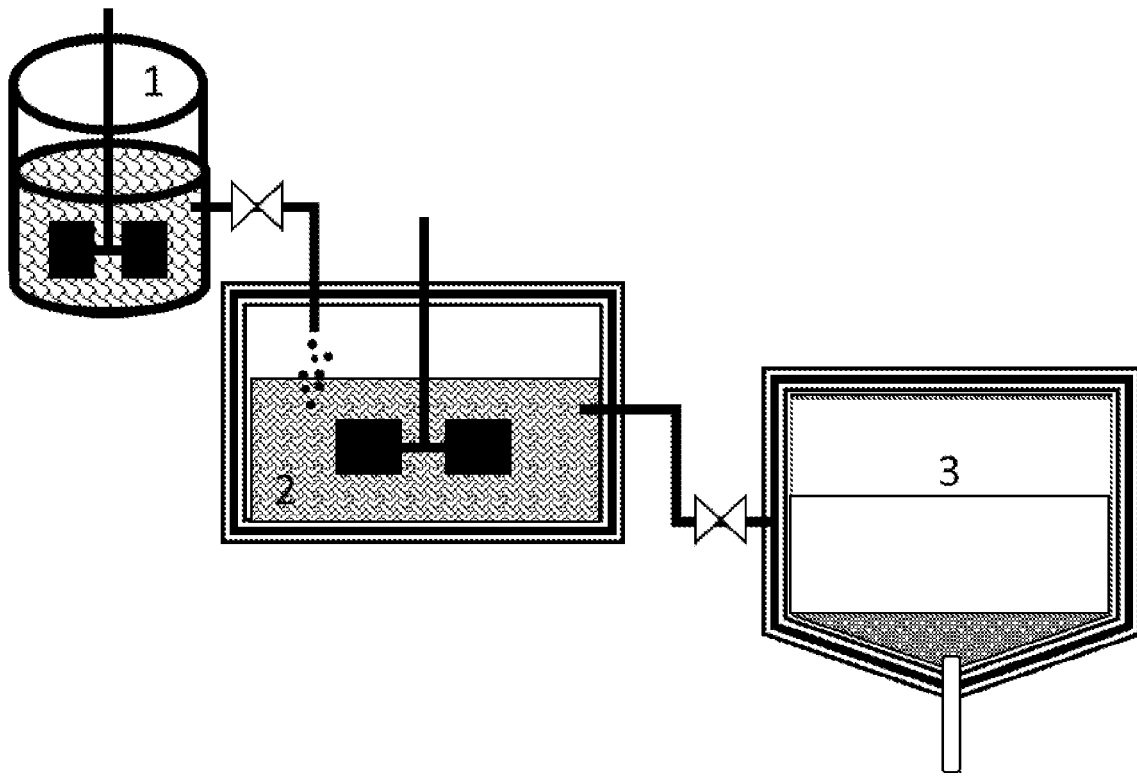


Figura 3.