IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL PARA USO NA IRRIGAÇÃO DE CULTURA DE GIRASSOL

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL PARA USO EN LA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DE GIRASOL

CHARACTERIZATION OF BIODIESEL PRODUCTION RESIDUAL WATER FOR USE IN SUNFLOWER CROP IRRIGATION

Apresentação: Comunicação Oral

Rosana Medeiros da Silva¹; Suzana Pedroza da Silva²

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0007>

Resumo

É possível obter o combustível partindo de óleos vegetais, gorduras animais ou produtos residuais, como o óleo de fritura já usado. A produção do biocombustível consiste da reação de transesterificação de um óleo com um álcool de cadeia curta, que resulta no óleo (Biodiesel) juntamente com a glicerina como subproduto, que é separada por decantação. Para purificação do produto final dessa reação é realizada uma lavagem com água levemente acidificada para remover certas impurezas do óleo. Essa água é chamada de água residual, porque contém uma elevada quantidade de materiais poluentes os quais constituem uma ameaça para a saúde pública e meio ambiente. Desta maneira, esta água residual não deve ser descartada sem um tratamento adequado. Entre várias maneiras de descarte para águas residuais, está o reuso para irrigação, porque essas águas podem conter nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores de qualidade da água proveniente da lavagem do biodiesel. Foram avaliados os parâmetros para irrigação da cultura de girassol, porque é uma cultura resistente à vários climas, temperaturas e uma oleaginosa de maior rendimento para a produção de biodiesel. Os indicadores para análise de água foram o pH, temperatura, condutividade, alcalinidade e acidez, oxigênio dissolvido (OD), gás carbônico (CO₂), nitratos, dureza total, dureza de cálcio e magnésio, cloretos, turbidez, sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e lítio (Li⁺) dos quais o oxigênio dissolvido, acidez, pH e condutividade. A partir dos resultados obtidos, para que a água analisada fique dentro dos padrões para irrigação foi necessária apenas correções de alguns parâmetros: ajuste do pH, sendo possível realizar estudos com proporções diluídas dessa água residual; realizar a quantificação do nitrato e; redução da quantidade do íon de lítio.

Palavras-Chave: Biodiesel, Água de lavagem, Qualidade de água, Indicadores Físicos e

¹Licenciada em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: rosanabmedeiros@gmail.com

²Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: suzpedroza@gmail.com

Químicos.

Resumen

El combustible se puede obtener a partir de aceites vegetales, grasas animales o productos de desecho como el aceite para freír ya usado. La producción de biocombustible consiste en la reacción de transesterificación de un aceite con un alcohol de cadena corta, que resulta en el aceite (Biodiesel) junto con la glicerina como subproducto, que se separa por decantación. Para purificar el producto final de esta reacción, se realiza un lavado con agua ligeramente acidificada para eliminar ciertas impurezas del aceite. Esta agua se llama agua residual porque contiene una gran cantidad de materiales contaminantes que representan una amenaza para la salud pública y el medio ambiente. Por lo tanto, estas aguas residuales no deben eliminarse sin un tratamiento adecuado. Entre las diversas formas de eliminación de aguas residuales se reutiliza para el riego, ya que estas aguas pueden contener nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. El objetivo de este trabajo fue evaluar los indicadores de la calidad del agua del lavado con biodiesel. Los parámetros para el riego de cultivos de girasol se evaluaron porque es un cultivo resistente a diversos climas, temperaturas y una semilla oleaginosa de mayor rendimiento para la producción de biodiesel. Los indicadores para el análisis de agua fueron pH, temperatura, conductividad, alcalinidad y acidez, oxígeno disuelto (OD), dióxido de carbono (CO_2), nitratos, dureza total, dureza de calcio y magnesio, cloruros, turbidez, sodio (Na^+), potasio (K^+) y litio (Li^+), de los cuales se disuelve oxígeno, acidez, pH y conductividad. A partir de los resultados obtenidos, para que el agua analizada se encuentre dentro de los estándares de riego, solo fueron necesarias las correcciones de algunos parámetros: ajuste de pH, siendo posible realizar estudios con proporciones diluidas de esta agua residual; realizar cuantificación de nitratos y; Reducción de la cantidad de ion litio.

Palabras Clave: Biodiesel, Agua de lavado, Calidad del agua, Indicadores físicos y químicos.

Abstract

Fuel can be obtained from vegetable oils, animal fats or waste products such as frying oil already used. Biofuel production consists of the transesterification reaction of an oil with a short chain alcohol, which results in the oil (Biodiesel) together with glycerine as a byproduct, which is separated by decantation. To purify the end product of this reaction, a slightly acidified water wash is performed to remove certain impurities from the oil. This water is called wastewater because it contains a high amount of polluting materials which pose a threat to public health and the environment. Thus, this waste water should not be disposed of without proper treatment. Among several ways of disposal for wastewater is reuse for irrigation, because these waters may contain nutrients essential to plant development. The objective of this work was to evaluate the indicators of water quality from biodiesel washing. The parameters for sunflower crop irrigation were evaluated because it is a crop resistant to various climates, temperatures and a higher yielding oilseed for biodiesel production. Indicators for water analysis were pH, temperature, conductivity, alkalinity and acidity, dissolved oxygen (DO), carbon dioxide (CO_2), nitrates, total hardness, calcium and magnesium hardness, chlorides, turbidity, sodium (Na^+), potassium (K^+) and lithium (Li^+) of which dissolved oxygen, acidity, pH and conductivity. From the results obtained, for the analyzed water to be within the irrigation standards only corrections of some parameters were necessary: adjustment of pH, being possible to carry out studies with diluted proportions of this residual water; perform nitrate quantification and; reduction of the amount of lithium ion.

Keywords: Biodiesel, Washing water, Water quality, Physical and Chemical Indicators.

Introdução

O biodiesel provém de uma reação de transesterificação de um óleo vegetal, animal ou de frituras com um álcool de cadeia curta. Essa reação gera ésteres que são o óleo (biodiesel) e um subproduto a glicerina, separados por decantação. Porém o biodiesel necessita de uma purificação que é realizada com uma água levemente acidificada para retirada de certas impurezas. Essa água contém alta carga poluidora orgânica, levando as impurezas do processo, ou seja, tudo o que não reagiu e ficou contido no biodiesel produzido. As águas de lavagem são compostas por uma mistura de sabão (sais orgânicos), glicerina, ácidos graxos (tri-, di- e monoglicerídeos), traços de metanol, traços do catalisador, cátions metálicos e outros produtos hidrossolúveis que ainda estejam presentes. Essa água é caracterizada como água residual (BRAGA, 2012).

Entende-se por água residual toda água que depois de utilizada, em indústrias ou áreas domésticas, contém uma elevada quantidade de materiais poluentes os quais constituem uma ameaça para a saúde pública e meio ambiente. Estas águas residuais não podem ser descartadas sem um tratamento específico. Para isso foram criadas leis que estabelecem parâmetros para que essas águas sejam descartadas em corpos hídricos, sendo essa a forma de descarte mais utilizadas durante anos.

Entretanto, com o custo relativamente alto, essas águas tem recebido outro destino. Um deles é a irrigação, porque contém alto poder fertilizante, possuindo macro e micronutrientes em abundância que podem ser utilizados pelas plantas. O reuso não é uma prática nova para o homem. O grande aumento na demanda por água, causado principalmente pelo crescimento e a concentração da ocupação humana, somado à degradação crescente dos corpos hídricos, que os tornam impróprios para diversos usos, criam um cenário de escassez dos, cada vez mais comum (RODRIGUES, 2005). Levando assim o homem a buscar alternativas para esse problema, como o reuso.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar física e quimicamente a água residual proveniente da lavagem de biodiesel produzido na usina de Caetés para fins de utilização como água de irrigação de culturas para a própria produção de biodiesel.

Fundamentação Teórica

Cada vez mais o homem tem se preocupado em criar alternativas que garantam a sua melhor qualidade de vida e facilitem seu desenvolvimento dentro da sociedade. Uma dessas alternativas está relacionada ao uso dos biocombustíveis que garantem uma melhor qualidade de vida ao homem em relação à emissão de gases tóxicos e em desenvolvimento a utilização de fontes de energia renováveis (NETTO e LEAL, 2012).

O biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas, biodegradável e renovável (ciclo curto do carbono) que não contém compostos sulfurados (não contribui para formação de chuvas ácidas) e aromáticos; apresenta alto número de cetano (o correspondente a octanos na gasolina) (COSTA NETO *et al.*, 2000).

Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso. Entretanto, o óleo vegetal *in natura* é bem diferente do biodiesel, que deve atender à especificação estabelecida pela Resolução ANP n° 07/2008.

O biodiesel provém de uma reação de transesterificação de um óleo vegetal, animal ou de frituras com um álcool de cadeia curta. Essa reação gera então ésteres que são o óleo (biodiesel) e um subproduto a glicerina, separados por decantação. Porém, o mesmo necessita de uma purificação que é realizada com água levemente acidificada, para retirada de impurezas. Essa água contém alta carga poluidora orgânica, porque extrai tudo o que não reagiu e ficou contido no biodiesel produzido. As águas de lavagem são compostas por uma mistura de sabão (sais orgânicos), glicerina, ácidos graxos (tri-, di- e monoglicerídeos), traços de metanol, traços do catalisador, cátions metálicos e outros produtos hidrossolúveis que ainda estejam presentes. Essa água é considerada como água residual (MEIRELLES, 2003). A principal forma de obtenção do biodiesel é através da reação de transesterificação que consiste na mistura de um triacilglicerol (triglicerídeo) com um álcool formando ésteres e glicerina (SILVA, 2010).

Segundo Parente (2003) a fase composta por glicerina bruta, excessos de álcool, água e impurezas inerentes ao óleo é a fase mais densa. A fase menos densa é que se constitui de uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos. Dentre o processo de transesterificação, a catálise homogênea em meio básico é o processo mais comumente empregado, particularmente devido à sua maior rapidez, simplicidade e eficiência (SOLDI *et al.*, 2006).

No Brasil, das 48 empresas que produziram biodiesel em 2009, 42 adotaram a transesterificação por rota metílica (uso de metanol), representando 94,7% desta produção. O

óleo de soja foi a principal matéria-prima para a produção de biodiesel (B100), a segunda matéria-prima no ranking de produção das usinas foi o sebo bovino, seguido pelo óleo de algodão (MENESES *et al.*, 2012).

Na atualidade, o homem possui uma relação dualista com o recurso de água, sendo necessário universalizar o acesso à água e ao mesmo tempo promover a sustentabilidade dos recursos hídricos. É fato que uma parcela significativa da população mundial não tem acesso à água potável e, por outro lado, é reconhecida a realidade da exaustão dos recursos hídricos (ROCHA *et al.*, 2010).

A escassez dos recursos hídricos, seja por problemas climáticos, seja pelo crescente consumo de água ou pela crescente deterioração de sua qualidade, tem-se tornado cada dia mais agravante, tanto na quantidade quanto na qualidade do recurso água em todo o mundo (ROCHA *et al.*, 2010).

Entende-se por água residual toda água que depois de utilizada em indústrias ou áreas domésticas, contém uma elevada quantidade de materiais poluentes os quais constituem uma ameaça para a saúde pública e meio ambiente. A água residual não pode ser descartada sem um tratamento específico. Para isso foram criadas leis que estabelecem parâmetros para que essas águas sejam descartadas em corpos hídricos, sendo essa a forma de descarte mais utilizada durante anos.

Entretanto, essas águas tem recebido outro destino, um deles é a irrigação, porque contém alto poder fertilizante, possui macro e micronutrientes em abundância podendo ser disponibilizado para as plantas. O reuso não é uma prática nova para o homem.

De maneira geral, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações planejadas ou não planejadas e para fins potáveis e não potáveis (MORUZZI, 2008). A Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou em 1973 um documento onde foram classificados os tipos de reuso em diferentes modalidades, de acordo com seus usos e finalidades, a saber:

- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída. Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo de água é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto *in natura*;
- Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como

irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação da qualidade do efluente à estação à qualidade definida pelo uso requerido (MORUZZI, 2008).

Dentro desse contexto, o reúso de águas agroindustriais e domésticas “tratadas” têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo ser potencialmente utilizada em regiões áridas e semiáridas, como no nordeste brasileiro em função de irrigação (ROCHA *et al.*, 2010).

Neste sentido a legislação brasileira, particularmente a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do CONAMA, estabelece que:

“art. 3º diz: Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis...” (CONAMA, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011).

Sendo disposto nessa resolução também, que um efluente só poderá vir a ser descartado direta ou indiretamente, desde que não altere a qualidade do corpo hídrico receptor. Sendo a água a principal necessidade na agricultura, é importante destacar que seu uso de forma racional e qualitativa na irrigação, promove o desenvolvimento da produtividade, que é o ponto de partida essencial em direção ao progresso. O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, em outras palavras, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário (SILVA *et al.*, 2011).

A água para irrigação nem sempre é definida com perfeição. Muitas vezes, refere-se à sua salinidade com relação à quantidade total de sólidos dissolvidos, expressa em miligramas por litro, partes por milhão ou por meio de sua condutividade elétrica. No entanto, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO *et al.*, 2006).

A qualidade da água de irrigação é tradicionalmente definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções

relativamente baixas (SILVA *et al.*, 2011).

Os principais indicadores de qualidade da água são baseados nas resoluções do CONAMA, onde são divididos em aspectos físicos, químicos e biológicos de qualidade da água. Onde os físicos são: cor, padrão de potabilidade, turbidez, temperatura, sabor e odor, sólidos, condutividade elétrica. Os químicos: potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, dureza, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, OD (oxigênio dissolvido), matéria orgânica, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), componentes inorgânicos e componentes orgânicos. E, os biológicos: coliformes e algas.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual da família Asteraceae, originária do continente americano, tendo como centro de origem o México. Adapta-se a diferentes condições ambientais, podendo ser cultivado no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério Norte, no estado de Roraima (CASTRO & FARIAS, 2005).

É uma oleaginosa que apresenta características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. Apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo. Graças a essas características, apresenta-se como uma opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (AESAs, 2008). Entre outros usos, surge nesse contexto a utilização do girassol como matéria prima para produção de biodiesel.

Trata-se de uma cultura pouco exigente em água, o que não significa que seu desenvolvimento será alterado com a deficiência hídrica dos solos. A água é fator limitante para a produção agrícola e a disponibilidade hídrica, sobretudo para a região semiárida, em que comumente se têm baixas e irregulares precipitações pluviométricas, a produção agrícola pode comprometer-se significativamente (SANTOS *et al.*, 2009). Conhecer algumas características físicas e químicas da água é de suma importância, pois o girassol apesar de se adaptar bem a diferentes regiões e climas, tem sensibilidade a algumas características físicas e químicas da água. Como por exemplo: pH, salinidade elevada e excesso dos íons sódio e lítio.

Metodologia

O trabalho foi realizado em duas etapas: a) Coleta de amostras de água residual do processo de produção de biodiesel e, b) Caracterização da água residual.

Para cada 1000 litros de biodiesel produzido, são utilizados 130 litros de álcool, mil litros de óleo vegetal e 200 litros de água para lavagem do biodiesel. O subproduto da produção de biodiesel é a glicerina, sendo formados 117 litros. No sentido de favorecer a formação dos produtos, para uma reação reversível, o álcool é adicionado em excesso, sendo no final feita a sua recuperação. De início a degomagem do óleo vegetal é realizada a fim de separar óleo bruto, fosfatídios, proteínas e substâncias coloidais. Após essa etapa uma neutralização é realizada no óleo degomado, por meio da adição de uma solução alcalina de hidróxido de sódio (NaOH(aq)) em reator. Após o processo de neutralização é realizada a secagem, para retirada de toda água proveniente da neutralização, porque poderia resultar em uma reação de transesterificação básica, gerando sabão. O processo seguinte é o de transesterificação, que consiste na mistura do óleo refinado, a um álcool de cadeia curta e um catalisador. Sendo na indústria utilizado o álcool metanol e como catalisador o hidróxido de potássio (KOH). Uma atenção especial deve ser dada para a preparação do catalisador utilizado, onde deve ser preparado em tanque de aço inox, próximo ao reator de transesterificação.

Depois que a reação de transesterificação ocorre, o produto é transferido para dois decantadores em série, onde deve permanecer até a separação em duas fases: uma “leve” onde estão contidos os ésteres (biodiesel) e a outra mais “pesada” a glicerina com álcool em excesso, visto que a mesma apresenta uma densidade mais elevada que o biodiesel. Após a separação das fases, a glicerina com álcool em excesso é enviada para o evaporador com o intuito de ser retirado o álcool metílico excedente.

Em seguida a glicerina isenta de álcool serve de matéria-prima para a produção de sabão, o álcool recuperado é concentrado em uma coluna de destilação para então ser reaproveitado no processo. Os ésteres (biodiesel) seguem para um processo de purificação para ajuste de pH e retirada de impurezas. Primeiro é adicionada água levemente acidificada com ácido cítrico para a neutralização do biodiesel e em seguida é realizada uma lavagem só com água para remover qualquer impureza. Essas lavagens são realizadas com uma proporção de 10% de água em relação à quantidade de biodiesel obtido. A água de lavagem é separada do biodiesel por gravidade e o combustível é filtrado e armazenado. A água de lavagem (neutralizada) é enviada para caixas separadoras de água e óleo para a recuperação de qualquer gordura que possa estar presente na água. Esta gordura será enviada para o tratamento do óleo para ser aproveitada no processo. A qualidade do biodiesel da Usina Piloto

de Caetés é monitorada através de análises físico-químicas para atendimento as especificações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), de acordo com a Resolução ANP Nº 7, de 19.3.2008 (BEZERRA, 2012).

a) Coleta de Amostras de Água Residual

A coleta da água de lavagem foi realizada na usina de Caetés, após água de primeira lavagem ser separada do biodiesel por gravidade e neutralizada. Foram coletados, em garrafas plásticas, cinco litros de água, onde foram em geladeira (entre 5 e 7 °C), para manutenção de suas características até o momento das análises no laboratório.

b) Caracterização da Água Residual

A caracterização da água de lavagem do biodiesel produzido na usina de Caetés foi realizada no Laboratório de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST) em escala de bancada de acordo com as normas do CONAMA.

A leitura da temperatura e condutividade foi realizada em condutivímetro RS 232, modelo CA 150. A leitura do pH em pHmetro – LUTRON pH-206. A alcalinidade e acidez e, a determinação do gás carbônico livre (CO₂) foram medidas por titulometria de neutralização. O oxigênio dissolvido e os cloretos foram medidos por titulometria de oxi-reução. A avaliação da dureza foi por titulação com EDTA e a avaliação da dureza de magnésio, a qual é a diferença entre a dureza Total e a dureza de cálcio, ambas determinadas por titulação.

Na determinação de nitrato foi transferido 5 ml da amostra para um tubo de ensaio foi adicionado uma pequena quantidade de brucina e a solução foi agitada. Então foi adicionado 1 ml de ácido sulfúrico PA o aparecimento de um anel róseo ou vermelho na separação dos dois líquidos, indica a presença de nitratos.

As determinações de sódio (Na), potássio (K) e lítio (Li) foram realizadas por fotometria, em fotômetro de chama –QUIMIS.

Resultados e Discussão

Os resultados para caracterização física e química da água de lavagem obtidos (Tabela 1) foram tratados de acordo com a Resolução do CONAMA 357 de 2005 e com Almeida (2010), que estabelecem parâmetros fixos para qualidade da água de irrigação.

Tabela 1: Resultados dos Parâmetros Analisados para Amostra de Água Residual

Parâmetros analisados	Valores encontrados
Alcalinidade e Acidez (mgCaCO ₃ /L)	Alcalinidade (ausente) e Acidez (5550)
Oxigênio Dissolvido (mg/L) ⁻¹	Ausente
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	674,98
Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	Ausente
Dureza de Cálcio (mgCaCO ₃ /L)	Ausente
Dureza de Magnésio (mgCaCO ₃ /L)	Ausente
Nitrato (mg/L)	Presente
Gás Carbônico CO ₂ (mg/L)	4884
pH	4,76
Condutividade (μS.cm ⁻¹)	2320
Na ⁺ (mg/L)	161,2
K ⁺ (mg/L)	100,3
Li ⁺ (mg/L)	40,6
Temperatura (°C)	26
Turbidez (UNT)	72,00

Fonte: Própria

A temperatura influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorre na água e também outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. A temperatura da água de irrigação, de um modo geral, não causa problemas nos climas tropicais, exceto quando for excessivamente alta e a água não sofrer processo de renovação. Nesses casos, pode causar danos no início da formação da panícula, reduzindo o seu número, e provocar a podridão-das-raízes. As temperaturas ótimas da água encontram-se entre 25 °C e 30 °C (ALMEIDA, 2010).

Ao analisar a temperatura medida na amostra em estudo, foi observado que esta apresentou valor entre 25 °C e 30 °C (Tabela 1), sendo considerada uma temperatura

adequada aos parâmetros de irrigação.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica e está relacionada à presença de substâncias salinas dissolvidas no ambiente aquático, sendo expressa em $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (microSiemens. cm^{-1}). O que pode determinar se a água é considerada salina ou não. Na amostra analisada observamos que a CE obteve valor de $2320 \mu\text{S.cm}^{-1}$. De acordo com Almeida (2010), águas com CE entre 2250 e $5000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25°C são consideradas de salinidade muito alta o que não é apropriada a irrigação sob condições ordinárias, porém podem ser usadas ocasionalmente em circunstâncias muito especiais. Onde os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo aplicar um excesso de água para alcançar uma boa lixiviação e os cultivos escolhidos devem ser altamente tolerantes aos sais.

O pH é um parâmetro indicativo do grau de acidez ou alcalinidade do meio. O pH da água depende de sua origem e características naturais. O pH de águas residuais pode ser modificados graças a grande carga de substâncias químicas que o efluente contém; quando o pH é baixo torna a água corrosiva devido a quantidade de íons dissolvidos presentes no ambiente aquático, por outro lado, quando este parâmetro alcança altos valores as águas tendem a formar incrustações nas tubulações. O pH das águas de irrigação se encontram em uma faixa entre 6,5 e 8,4, do contrário o mesmo pode influenciar de forma negativa ao cultivo, danificando o sistema radicular da planta (ALMEIDA, 2012).

Com base nos resultados obtidos (Tabela 1), o pH apresentou valor natureza ácida (4,76) não aceitável podendo prejudicar o sistema radicular da planta. Desta forma, podemos utilizar tratamentos para corrigir o pH. Para a elevação de pH, os compostos mais utilizados são a soda cáustica (hidróxido de sódio), a cal hidratada (hidróxido de cálcio) e a barrilha (carbonato e bicarbonato de sódio). A soda cáustica apresenta como principal vantagem a sua elevada solubilidade, possibilitando uma operação mais simples do sistema de dosagens. A cal é mais barata, mas a sua baixa solubilidade e a presença de impurezas como a areia, que provoca corrosão em sistemas de recalque, prejudicam o seu uso.

A acidez da água está relacionada com a decomposição de matéria orgânica, pela presença de efluentes e pela lixiviação do solo. O parâmetro “acidez” não constitui, apesar de sua importância, em qualquer tipo de padrão, seja de potabilidade, de classificação das águas naturais ou de emissão de esgotos; o efeito da acidez é controlado legalmente pelo valor do pH. Na análise realizada o valor obtido é relativamente alto, o que pode aumentar a

capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas soluções básicas. Como pH, acidez e alcalinidade estão intimamente ligados entre si o alto teor de acidez encontrado pode interferir na neutralização para diminuição do pH.

Alcalinidade é a medida total das substâncias presentes numa água capazes de neutralizarem ácidos, atuando como tampão. Embora muitos compostos possam contribuir para o incremento desse constituinte na água, a maior fração deve-se principalmente aos bicarbonatos. A alcalinidade da água não apresenta implicações para a saúde pública, sendo apenas considerada desagradável ao paladar. As variáveis alcalinidade, pH e teor de gás carbônico encontram-se relacionadas na natureza (BEZERRA, 2012). Os resultados obtidos a partir das análises mostram a ausência de alcalinidade o que seria um fator importante, tendo em vista que águas com alcalinidades altas são impróprias ao uso de irrigação, porém o fato dessa ausência culmina na alta taxa de acidez o que é prejudicial à planta.

O oxigênio dissolvido na água é importante para a sobrevivência dos seres aquáticos aeróbicos e para a decomposição biológica da matéria orgânica. Este parâmetro também é utilizado no controle do fornecimento de oxigênio para os processos aeróbicos, minimizando desperdícios de energia. A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, seja resultante da temperatura do ar ou da presença de matéria orgânica no meio aquático; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica ou aumento de temperatura. Na amostra analisada, foi possível perceber a ausência de OD, o que pode ter ocorrido devido à água ser um efluente e ter uma grande carga de agentes químicos que podem aumentar sua salinidade que cresce inversamente a quantidade de OD. O OD ajuda na fotossíntese realizada pela planta, então essa falta pode ser relativamente prejudicial ao cultivo.

O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água, geralmente, provém da dissolução de rochas ou da intrusão de águas do mar; podem também, ser resultantes de dejetos dos esgotos domésticos ou industriais. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. A quantidade de cloretos de águas residuais industriais depende do processo que cada uma provém. Na amostra analisada, o valor encontrado para cloretos apresentou-se dentro dos padrões, com valor de 674,98 mg/l (Tabela 1), sendo portanto um valor admitido, pois segundo Almeida (2010) esse valor poderia ser de até 1063 mg/l para que a água possa ser destinada a fins de irrigação.

Por ser um ânion, o cloro não é retido pelo complexo de troca do sal: desloca-se

facilmente com a água do solo e é absorvido pelas raízes. Assim como o sódio, pode ser absorvido pelas folhas em irrigação por aspersão. Nos solos calcários diminui as possibilidades de absorção de fósforo e nitrogênio para as plantas.

A principal fonte de dureza nas águas é a sua passagem pelo solo, dissolução da rocha calcária pelo gás carbônico da água. Este parâmetro está relacionado à capacidade da água de precipitar sabão transformando-o em complexos insolúveis.

Em todas as análises para dureza, tanto total quanto de cálcio e magnésio foi possível observar que as mesmas foram ausentes (Tabela 1). O que pode favorecer o cultivo, tendo em vista que águas muito duras não são recomendadas para irrigação.

O nitrogênio (N) é o nutriente responsável para o crescimento das plantas, para a produção de novas células e tecidos. O nitrogênio promove a formação de clorofila, que é um pigmento verde encontrado nas folhas e que captura a energia do sol. O nitrogênio contido na água de irrigação tem como efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes, porém a quantidade excessiva com a irrigação pode chegar a causar problemas relacionados com um crescimento vegetativo excessivo, uma desigualdade e tardia maturação (ALMEIDA, 2012).

Nos resultados obtidos foi possível detectar a presença de nitrato qualitativamente, não obtendo assim uma quantidade exata para uma comparação com a literatura e assim saber se o mesmo se encontra em excesso ou não. Vale salientar que quantidades de nitrogênio em excesso presente na água não se podem considerar esse fator necessariamente negativo, pois a quantidade de fertilizante nitrogenado que se aplique aos cultivos irrigados com água que contenha níveis elevados de N deve-se reduzir uma quantidade deste elemento similar à aplicada com irrigação. O nitrogênio é muito importante para o desenvolvimento da cultura de girassol, sendo assim importante aproveitá-lo ao máximo.

Para as plantas o CO₂, fundamental para as plantas, pois a aplicação de CO₂ na agricultura melhora o metabolismo e o equilíbrio hormonal nas plantas aumenta a fotossíntese e a absorção de nutrientes resultando em plantas mais produtivas, mais resistentes às doenças e ao ataque de pragas e em produtos de melhor qualidade (Pinto *et al.*, 2001). Ainda Segundo Pinto *et al.* (2001) valores como 250 mols de CO₂, adicionados a atmosfera do solo, induz redução do pH do solo permitindo maior mobilidade de elementos nutritivos.

Na análise realizada o valor obtido de CO₂ é consideravelmente bom em relação à questão de ser favorável as plantas (Tabela 1), tendo em vista que esse valor convertido a mol

não ultrapassa a quantidade citada pela literatura e ainda o CO₂ não altera excessivamente os nutrientes que o girassol precisa absorver. É considerado ruim quando se trata da corrosão significativa que o mesmo pode causar as estruturas que podem vir a ser usadas para facilitar a irrigação.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva. A fonte dela são os sólidos em suspensão que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microorganismos e erosão).

A turbidez de origem natural não representa riscos, porém é esteticamente desagradável e pode servir de abrigo para micro-organismos patogênicos (reduzindo a eficiência da desinfecção). Quanto à origem antropogênica, ela pode estar associada à compostos tóxicos e microorganismos patogênicos. Nos corpos d'água, reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.

Analisando esse parâmetro, observamos que a turbidez se encontra em um valor adequado (Tabela 1); o CONAMA classifica que águas de irrigação devem apresentar turbidez de até 100 UNT.

A alcalinidade é dada pelo conteúdo de Na⁺ na água. Seu uso como parâmetro de qualidade é devido a seu efeito sobre a permeabilidade do solo, e sobre a nutrição e toxicidade das plantas (ALMEIDA, 2010).

O sódio é o elemento mais abundante e perigoso nas águas salinas, o que é o caso da água analisada. A toxicidade do mesmo acontece em forma de queimaduras nas folhas da planta. Estima-se que quantidades na água de irrigação acima de 200,1 mg/L sejam prejudiciais a planta, podendo causar os sintomas citados. Para a amostra analisada a quantidade de sódio medida teve um valor dentro dos padrões permitidos (Tabela 1), porém próximo do valor máximo, o que pode acarretar problemas ao girassol, porque ele mostra sensibilidade em relação às quantidades elevadas de sódio.

O teor elevado de sódio em relação ao teor de cálcio acarreta na diminuição da infiltração do solo. Quantidades relativamente altas de sódio ou baixas de cálcio no solo e água reduzem a velocidade com que a água de irrigação se infiltra na superfície do solo. Esta redução pode ser expressiva, pois as raízes do girassol podem não receber água suficiente entre as irrigações.

O Potássio (K⁺) interage com quase todos os nutrientes essenciais à planta. Diferente

dos outros nutrientes, este elemento não forma compostos nas plantas, mas permanece livre para “regular” muitos processos essenciais, suas funções-chave são: ativação enzimática, fotossíntese, uso eficiente da água, formação de amido e síntese proteica. Na análise realizada, o teor de potássio encontrado (Tabela 1) foi superior aos índices estabelecidos com base nos dados citados por Almeida (2012) em relação à quantidade permitida, porém por ser um dos nutrientes mais importantes para o girassol e a literatura não mostra contra indicações para o solo e planta esse teor não foi considerado prejudicial ao cultivo.

O Li^+ age de forma semelhante ao boro na planta, que diferente do sódio e do cloro é um elemento importante às plantas. Porém em concentrações muito baixas ou muito altas pode se tornar tóxico. Da mesma forma age o lítio. Segundo Almeida (2010), a quantidade de lítio tolerada na água de irrigação está entre 0,75 mg/L, onde o mesmo se torna tóxico para cítricos e, para as demais culturas valores superiores a 5 mg/L. Os sintomas de toxidade, primeiro aparecem sobre o extremo da folha mais velha e os bordos vão amarelecendo manchando ou secando os tecidos das folhas. O resultado obtido para o lítio na análise mostra uma quantidade muito superior à permitida, segundo a literatura o que pode vir a acarretar problemas para o cultivo de girassol.

Conclusões

Controlar a qualidade do efluente proveniente da lavagem do biodiesel é uma importante ferramenta para que se possa ter a certeza do tratamento adequado para o descarte, e contribui de maneira significativa para a manutenção do ambiente aquático ou terrestre onde esse efluente for descartado. Para tanto, diversas técnicas podem ser utilizadas para determinar os indicadores de qualidade de efluente, sendo as técnicas analíticas as mais utilizadas por apresentarem resultados eficientes e serem menos passíveis de erro.

A água residual do processo de produção de biodiesel por transesterificação alcalina possui uma alta carga de matéria orgânica, porém os parâmetros podem ser corrigidos de forma a virem se enquadrar nos padrões da irrigação para o girassol.

Sugere-se a correção do pH da água residual de biodiesel, porque a cultura do girassol possui sensibilidade a valores de pH muito baixos. Num plantio de amostras teste pode ser realizada a irrigação com esta água residual diluída em maiores proporções. Uma análise quantitativa e não apenas qualitativa do nitrato, tendo em vista que o mesmo em altas concentrações pode ser prejudicial, bem como a correção da quantidade do íon lítio que se

encontra em excesso fora da faixa permitida, o qual nesta quantidade é muito prejudicial à planta.

Referências

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Zoneamento de riscos climáticos no estado da Paraíba – Cultura do Girassol**. João Pessoa- PB, 2008.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura, 2010.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=38591&m=anuario&t1=&t2=anuario&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1306155277867>>. Acessado em: 10 Junho 2014.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1987. 488 p.

BEZERRA, V. V.L. **Avaliação da composição do efluente do processo de produção de biodiesel por transesterificação**. 2012. TCC (Discente de Bacharel em Química Industrial). Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Engenharia Química. Recife, Pernambuco, 2012.

BRAGA, D. F. **Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do girassol em solo alcalino da chapada do APODI-RN**. Dissertação - Pós-Graduação - Ciências do Solo. Universidade Federal Rural do SemiÁrido. Mossoró – RN, 2010.

CASTRO, C de; FARIAS, J.R.B. **Ecofisiologia do Girassol**. In: **Girassol no Brasil**. Editores, Regian Maria Villas Bôas de Campo Leite, Alexandre Magno Brighenti, César de Castro. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Cap.9 p. 163-218.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE [CONAMA]. **Resolução nº357 de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 14 Junho 2014.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F. e RAMOS, L.P. Produção de biodiesel alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

MEIRELLES, F. S. **Biodiesel**. Presidente da Federação da Agricultura do Estado de São Paulo - Presidente do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural- Vice-Presidente da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Brasília- DF, setembro, 2003. Disponível em: < <http://www.forumdeenergia.com.br/nukleo/pub/biodiesel>. >. Acessado em: 12 Julho 2014.

MENESES, J. M.; VASCONCELOS, R. F.; FERNANDES, T. F.; ARAUJO, G. T. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. **Química Nova**, v. 35, n. 2, 235-240, 2012.

MORUZZI, R. B. **Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios**. OLAM – Ciência & Tecnologia – VIII, v.8, n.3, p. 271. – Rio Claro – SP. 2008.

NETTO, E. F. S.; LEAL, F. P. S. Biocombustíveis: uma vantagem para o futuro. Bolsista de Valor. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 2, n. 1, p. 11-16, 2012.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Ceará: tecbio, 66p, 2003.

PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C.; FILHO, J. C. F. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à USP/ESALQ, Piracicaba, SP. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.33-38, jan./mar. 2001.

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O.; BARROS, F. M. **Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira**. Enciclopédia biosfera – Centro científico conhecer. IFBA-Instituto Federal da Bahia. Vitória da Conquista- BA, 2010.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2005.

SANTOS, M. J. DOS; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semiárido de Sergipe. **Engenharia Ambiental**, v.6, p.55-73, 2009.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.07, n 03 julho/setembro 2011 p. 01 – 15.

SILVA, N. L. **Produção do biodiesel: processo e caracterizações**. 2010. 201f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas – SP, 2010.

SOLDI, A.; OLIVEIRA, R.; e RAMOS, L., **Alcoólise de Óleos Vegetais e Gordura Animal Utilizando Catalisadores Heterogêneos Ácidos: a review**, v. 2, pp. 193-195, 2006.