



## II-049 - ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS ANAEROBICAMENTE DOS MUNICÍPIOS DE IBIMIRIM-PE E PESQUEIRA-PE PARA FERTIRRIGAÇÃO DE OLEAGINOSAS PARA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO

**Léa Elias Mendes C. Zaidan**<sup>(1)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Química pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Química na UFPE.

**Sibéria Caroline G. De Moraes**

Química industrial pela UFPE. Mestre em Engenharia Química pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Química na UFPE.

**Danielle Pires de Souza**

Engenheira Química pela UFPE. Mestre em Engenharia Química pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Química na UFPE.

**Daniella Carla Napoleão**

Engenheira Química pela UFPE. Mestre em Engenharia Química pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Química na UFPE.

**Valdinete Lins da Silva**

Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas. Professora titular do Departamento de Engenharia Química da UFPE.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901- Brasil - Tel: (81) 2126-7290 - e-mail: leazaidan@yahoo.com.br

### RESUMO

A escassez de chuvas no semi-árido tem dificultado a fixação do homem na região, em função da redução na qualidade de vida, da diminuição na produção de alimentos e da geração de recursos financeiros. No contexto de escassez de água que atinge várias regiões do Brasil, associada aos problemas de qualidade da água, surge como alternativa potencial de racionalização, a reutilização da água para vários usos, inclusive para irrigação. O reuso agrícola apresenta-se como uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável. Neste trabalho, avaliamos a qualidade das águas tratadas e dos óleos e biodieséis produzidos pela mamona e pinhão manso fertirrigados em sistema de irrigação localizada com esgoto tratado comparando com as mesmas leguminosas irrigadas, visando à racionalização do uso da água e apresentando uma nova proposta de atividade que produza combustível alternativo com baixo custo e com possibilidade de substituir os combustíveis derivados do petróleo. Em Ibimirim utilizaram-se quatro sistemas: água tratada, digestor anaeróbico mais filtro anaeróbico; apenas filtro anaeróbico e por fim reator UASB. Os três tratamentos apresentaram redução de 93,6%, 91,92% e 94,84% de DQO e 98,2%, 91,92% e 92,31% de DBO, respectivamente. Em Pesqueira o sistema é composto de um reator UASB, uma lagoa anaeróbia e tanque de polimento, obtendo redução de matéria orgânica 61,15 a 83,25% de DQO e 68,84 a 96,62% de DBO. A importância da mamona e do pinhão manso para produção de biodiesel tem sido apontada nos últimos anos como uma alternativa frente aos combustíveis fósseis como o diesel. Estas leguminosas desenvolvem-se em áreas áridas e semi-áridas. No entanto suas sementes não são comestíveis devido a sua toxicidade. Na região do Semiárido, no sertão de Pernambuco, na cidade de Ibimirim, próximo a Bacia Hidrográfica do Moxotó, foram plantados 0,7 ha de estacas de pinhão manso. Outra região em Pesqueira também foi utilizada para plantação apenas de mamona em 0,3 ha. Estes cultivares foram fertirrigados por esgoto doméstico tratado. A fertirrigação da mamona diminuiu a concentração de ácidos graxos livres presentes reduzindo a acidez de seu óleo. Essa baixa acidez caracteriza um óleo de maior qualidade podendo ser classificado como óleo tipo 1. Assim, o óleo de mamona fertirrigada apresentou superioridade em relação ao óleo de mamona irrigada com água doce, o mesmo pode ser dito em relação ao biodiesel. Já tanto o óleo e biodiesel de pinhão manso irrigados com água, obtiveram resultados satisfatórios, ambos estiveram dentro dos padrões de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel, Fertirrigação, Mamona, Pinhão Manso, Óleos vegetais.



## INTRODUÇÃO

São vários os benefícios agregados à prática de reuso na irrigação, incluindo a recarga do lençol freático e a fertirrigação de diversas culturas, respeitando os limites sanitários e ambientais de aplicação para garantia do nível de qualidade.

Embora no Brasil já se esteja realizando a prática de reuso em alguns estados como São Paulo, são poucos os registros do reuso planejado de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente, na agricultura. É conhecido que a irrigação com esgoto sem tratamento adequado pode ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, aos aquíferos e às culturas irrigadas, já que tanto o afluente como o efluente podem conter constituintes poluentes.

Os fatores geográficos, climáticos e econômicos ditam o grau e a forma de tratamento dos efluentes e o seu posterior reuso em diferentes regiões. Em regiões agrícolas, a irrigação é a atividade dominante para o reuso do efluente tratado. Outro aspecto positivo do reuso é a possibilidade da implantação de zonas agrícolas em áreas desérticas. Também não pode ser esquecida a redução dos custos com o próprio tratamento das águas residuárias, já que o solo e as culturas comportam-se como biofiltros naturais.

Os esgotos tratados constituem adubos naturais para a produção de alimentos, o que pode elevar a produção agrícola, e conseqüentemente, a geração de emprego e retorno econômico.

O uso do biocombustível obtido a partir de óleos vegetais promove ainda o desenvolvimento da agricultura familiar e a geração de emprego no setor primário da economia.

Outro aspecto bastante relevante é o fato do biodiesel ser considerado a melhor opção em termos de combustível ambientalmente correto, pois, embora sua queima seja semelhante ao petróleo, é biodegradável, não é tóxico e o cultivo de sua matéria-prima estimula a geração de empregos na agricultura familiar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho envolveu os municípios de Pesqueira a 216 km de Recife e o município de Ibimirim, próximo a Bacia Hidrográfica do Moxotó, a 300 km de Recife. Em Pesqueira foi construída a estação de tratamento de efluente, composta por um reator UASB, filtro anaeróbio, tanque de contato (cloração) e lagoa de polimento conforme demonstrado na figura 1.

No município de Ibimirim foram utilizados quatro sistemas: água tratada, digestor anaeróbico mais filtro anaeróbico; apenas filtro anaeróbico e por fim reator UASB conforme demonstrado na figura 2. O projeto foi feito com sementes de mamona irrigada com água doce e com sementes de mamona fertirrigadas, totalizando uma plantação de 0,3 ha., foram plantados 0,7 há de estacas de pinhão manso. Estas leguminosas desenvolvem-se em áreas áridas e semi-áridas, de baixa precipitação com um mínimo de 200 mm.ano<sup>-1</sup> e altas precipitações como 900 a 1.200 mm.ano<sup>-1</sup>, crescendo rapidamente.

No entanto suas sementes não são comestíveis devido a sua toxicidade. Estes cultivares foram fertirrigados por esgoto doméstico tratado. Na avaliação do reúso de água toda a metodologia utilizada seguiu o APHA. Os reatores de manta de lodo compõem o sistema de tratamento da água residuária de aproximadamente 150 residências em Ibimirim e 100 residências em Pesqueira. Os parâmetros adotados para a caracterização dos efluentes brutos e tratados foram: Temperatura; pH ; Óleos e graxas do reator; DQO ; DBO; Sólidos decantáveis; Condutividade; Fósforo Total; Nitrogênio Total Kjeldahl; Cloretos; Sódio e Potássio.

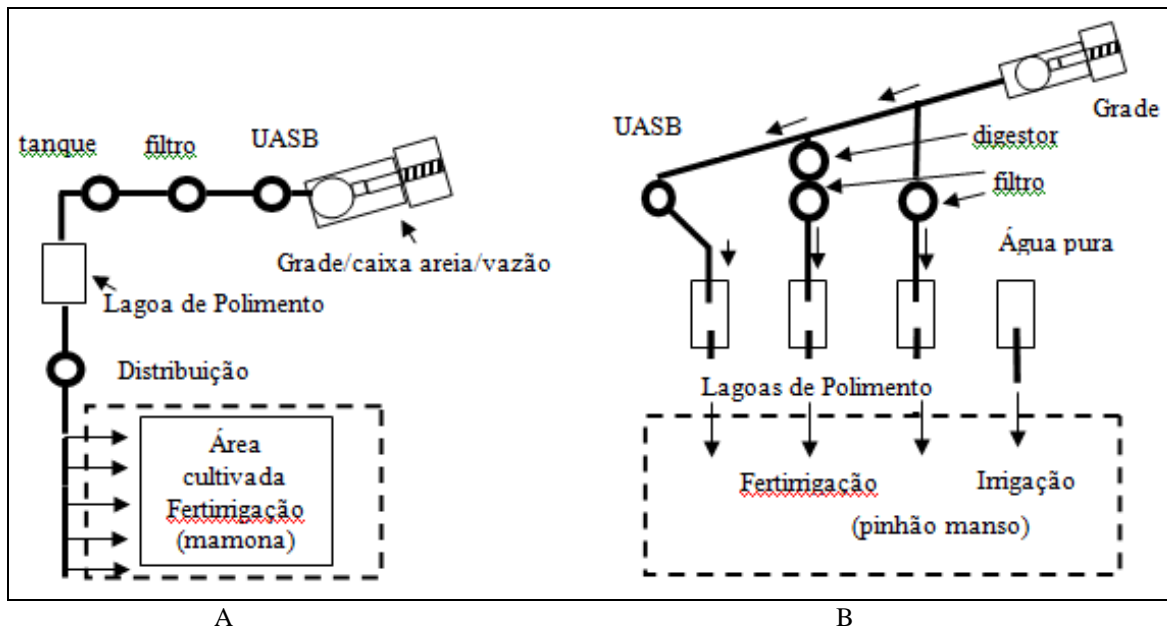


Figura 1: Croqui esquemático do aparato experimental dos municípios de A) Pesqueira-PE e B) Ibimirim-PE.

O cultivo das leguminosas (pinhão manso e mamona) e a preparação do biodiesel seguiu o esquema apresentado na figura 2.

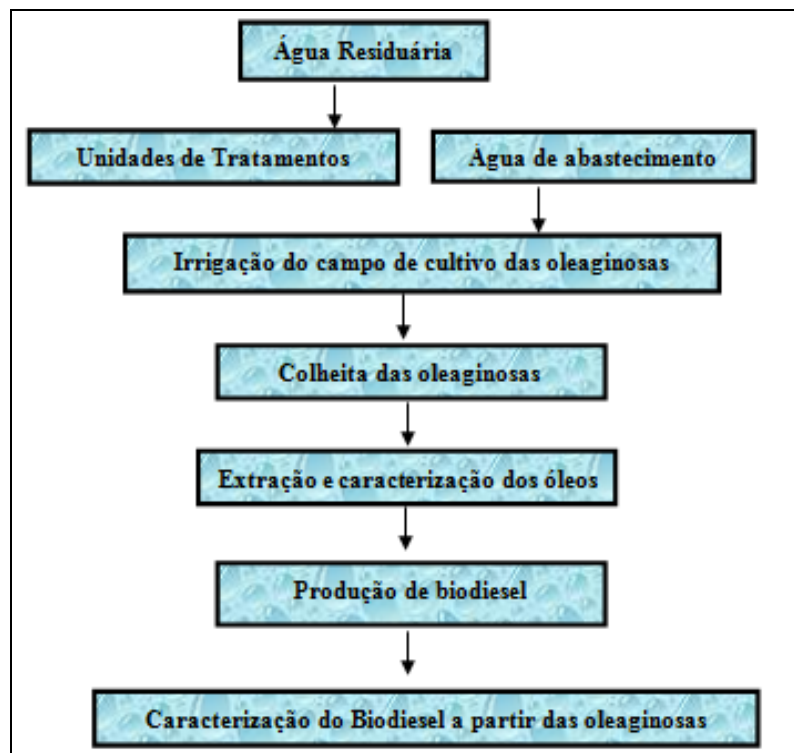


Figura 2: Fluxograma de toda a metodologia do trabalho



## **DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÓLEO DAS SEMENTES POR EXTRAÇÃO E PRODUÇÃO DO BODIESEL**

As sementes do pinhão manso e mamona foram trituradas separadamente em um multiprocessador doméstico de forma homogênea a fim de aumentar a superfície de contato com o solvente. As mesmas foram submetidas a extração com ciclo-hexano. Logo após foram separados dos óleos através de um rotaevaporador. Os óleos extraídos tanto a partir das sementes maceradas do pinhão manso quanto ao de mamona possuíram uma coloração amarelada. adicionou-se ao óleo a massa de álcool mais o catalisador para a reação de transesterificação, realizando-se assim a produção dos biodieseis.

## **PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO (ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS) DO ÓLEO E BODIESEL OBTIDO**

- Viscosidade Cinemática: A determinação da viscosidade cinemática a 40°C foi realizada de acordo com o método ASTM D 445 – 1997.
- Índice de acidez: A análise do índice de acidez foi implementada conforme o método ASTM D 664 - 1995.
- Massa Específica: A análise da massa específica foi efetuada de acordo com o método ASTM D 4052 – 1996.
- Ponto de Fulgor: O ponto de fulgor foi avaliado conforme o método ASTM D93 – 2006.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Foram realizadas um total de 21 análises em cada coleta e a partir dos dados obtidos foi calculada uma média. Esses valores informam uma avaliação do solo e da água na entrada e saída do efluente tratado com esgoto doméstico dos respectivos municípios como demonstrado na tabela 1.

**Tabela 1: Caracterização das estações dos respectivos municípios**

PARÂMETROS	UNIDADES	PESQUEIRA BRUTO	PESQUEIRA TRATADO	IBIMIRIM BRUTO	IBIMIRIM TRATADO
Ph	-	7,59	7,78	7,03	7,14
DQO	mg de O <sub>2</sub> /L	464,02	151,01	1968,27	395,48
DBO	mg de O <sub>2</sub> /L	99,94	30,29	335,59	36,05
SST	mg/L	132,59	149,06	816,3	61,63
SSV	mg/L	111,6	94,09	685,75	55,03
SSF	mg/L	20,99	54,97	32,45	17,12
ST	mg/L	1577,44	1424,69	2020	824,58
SV	mg/L	353,56	336,31	1046,4	183,35
SF	mg/L	1223,87	1088,38	1350,4	990,32
CE	uS/cm	2547,5	2012,25	1658,5	2137,7
SDT	mg/L	1444,84	1275,63	1006,9	776,6
SDV	mg/L	241,96	242,22	396,68	123,38
SDF	mg/L	1202,89	1033,41	39,53	0,4
Fósforo	mg/L	22,18	38,12	10,16	10,25
NTK	mg/L	41,96	29,45	104,25	106,9
Sulfatos	mg/L	169,59	144,6	132,45	19,88
Alc. Total	(mg de CaCO <sub>3</sub> /L)	466,73	422,66	389,73	503,03
Dureza Total	(mg de CaCO <sub>3</sub> /L)	373,3	306,67	127,45	221,63
Dureza de Ca	(mg de Ca/L)	193,18	159,87	71,33	155,63
Dureza de Mg	(mg de Mg/L)	66,15	56,06	38,98	44,7
Cloretos	(mg de Cl/L)	397,68	281,53	179,88	171,1
Sódio	(mg de Na/L)	262,86	252,51	2479,35	99,1
Potássio	(mg de K/L)	89,49	66,53	123,68	43,58

As eficiências do sistemas de tratamento de Pesqueira e Ibimirim foram obtidas através da seleção de parâmetros contidos nos boletins de análises, sendo priorizadas as seguintes características físico-químicas: DQO e DBO, dois dos aspectos de fundamental importância numa análise de aspectos referentes aos estudos ambientais. Utilizou-se a seguinte expressão matemática para as respectivas eficiência dos sistemas de tratamento:

$$|E(\%) = [(S_o - S / S_o)] * 100| \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

E: eficiência do tratamento do parâmetro estudado – efluente bruto

S: valor do parâmetro estudado – efluente tratado

S<sub>o</sub>: valor do parâmetro estudado – efluente bruto

Os valores das eficiências da estação de Pesqueira-PE e Ibimirim-PE são demonstradas nas tabela 2 e 3, respectivamente.

**Tabela 2: Os valores das eficiências da estação de Pesqueira-PE**

DATA DA COLETA	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DQO (%)	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DBO (%)
05/02/2009	$[(596,7 - 151,4)/596,7]*100= 83,25\%$	$[(316 - 49)/316]*100= 84,50\%$
12/02/2009	$[(592,2 - 145,4)/592,2]*100= 61,15\%$	$[(509 - 17,2)/509]*100= 96,62\%$
02/03/2009	$[(526,5 - 166,6)/526,5]*100= 68,36\%$	$[(526,5 - 166,6)/526,5]*100=68,84$
23/03/2009	$[(140,6 - 37,8)/140,6]*100= 73,11\%$	$[(256,6 - 40,6)/256,6]*100= 84,18\%$

**Tabela 3: Os valores das eficiências da estação de Ibimirim-PE**

DATA DA COLETA	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DQO (%)	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DBO (%)
25/02/2010	$[(4101 - 211,5)/4101]*100= 94,84\%$	$[(522,9 - 40,2)/522,9]*100= 92,31\%$
08/04/2010	$[(1883,6 - 212)/1883,6]*100= 88,74\%$	$[(371,1 - 34,3)/371,1]*100= 90,75\%$
13/11/2009	$[(1756,3 - 960)/1756,3]*100= 45,34\%$	$[(298,7 - 35,6)/1756,3]*100= 88,1\%$
08/10/2009	$[(1654,2 - 178,1)/1654,2]*100= 89,23\%$	$[(149,7 - 34,1)/149,7]*100= 77,22\%$

A demanda química de oxigênio (DQO) obteve significativa redução em seus resultados abordados em efluente tratado, demonstrando a eficiência do tratamento da estação de Pesqueira-PE, como máxima eficiência obtida de E=83,25%, comprovando a qualidade da ETE e reduzindo, a carga poluidora do efluente gerado. No município de Ibimirim-PE, obteve-se como máxima eficiência o valor de E=94,84%, com significativa redução em seus resultados, demonstrando a eficiência do tratamento, comprovando a qualidade do UASB e reduzindo praticamente os índices de poluição dos valores estudados em efluentes bruto e tratado.

Ambas as ETE dos respectivos municípios obtiveram resultados satisfatórios, onde Pesqueira teve a eficiência de remoção de DBO 68,84% chegando até 96,62% e em Ibimirim o sistema digestor + filtro obteve remoção de 93,6% de DQO, e 98,2% de DBO. No UASB, a remoção de 94,84% de DQO e 92,31% de DBO e o filtro remoção de 91,92% de DQO e 84,26% de DBO. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) obteve significativa redução no reator UASB, demonstrando também eficiência em sua remoção.

Quanto aos teores de sólidos totais no afluente serve como meio para classificar os esgotos em forte, fraco e médio, sendo que a determinação e amostras colhidas ao longo do tratamento permitem avaliar a eficiência do processo. Concentrações elevadas de sólidos dissolvidos fixos (SDF) em comparação com sólidos dissolvidos voláteis (SDV) indicam água residuária com alta salinidade e a provável necessidade de tratamento físico-químico. Apesar dos valores indicarem a presença dos sais foi constatado que o esgoto doméstico está lixiviando todos esses sais e está deixando o solo preparado para a plantação. Isto significa que o esgoto doméstico está deixando o solo com matéria orgânica suficiente para o crescimento das oleaginosas.

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Isso foi observado nos drenos, pois, o valor da condutividade aumentou consideravelmente, constatando que o solo, apesar de ser sódico-salino e reter os sais, com este tipo de irrigação deixa o solo em melhores condições, pronto para a plantação de oleaginosas.

Em relação às sementes das oleaginosas, tanto os óleos quanto os respectivos biodiéseis das sementes, estiveram dentro dos padrões de qualidade.



## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o valor fertilizante dos constituintes (macro e micronutrientes) presentes nos esgotos tratados, de um modo geral, é considerado benéfico, pois, os efluentes tratados fornecem nutrientes para o bom desempenho da cultura irrigada, além de poderem substituir a fertilidade natural do solo e/ou a aplicação de adubos, quando estes são insuficientes para manter as necessidades nutricionais das plantas por muito tempo. Portanto, o tratamento de esgotos sanitários objetivando utilizá-los na agricultura é uma alternativa viável, porque, além de suprir a demanda de água, também pode contribuir para a fertirrigação do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. American Public Health Association. Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater. 21th. ed. New York: APHA. 2005.
2. BERNARDI. Cristina Costa. Reúso de água para irrigação. Brasília: ISAEFGV/ ECOBUSINESS SCHOOL. 52p. (Monografia - MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada. área de concentração Planejamento Estratégico),2003.
3. KAREN.M.C.M. Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu; tese.2002.
4. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4052 – 1996 (02) e1: Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter. *ASTM*. 2002.
5. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 445 – 1997: Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity). *Annual Book of ASTM Standards*. v. 05.01. 2001.
6. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 664 – 1995: Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration. *Annual Book of ASTM Standards*. v. 05.01. 2001.
7. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 93 – 2006: Flash-Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester. *ASTM*. 2006.

Foi possível demonstrar as condições dos solos de ambos os municípios, a partir da aplicação de esgoto doméstico. As análises realizadas mostraram que as áreas estudadas são regiões do semi-árido onde apresenta um solo sódico-salino, que possui características em razão da baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação, havendo muito problemas de salinização do solo com elevados teores de sais tornando-se prejudiciais ao crescimento normal das plantas.