

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR PALOTINA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS


**INFLUÊNCIA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA  
SOBRE A ACIDEZ NO ÓLEO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha  
curcas* L.)**

Aluna: Rafaela Koglin Bastos

Orientador: Prof. Dr. Elisandro  
Pires Frigo.

PALOTINA - PR  
Agosto de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR PALOTINA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS



**INFLUÊNCIA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA  
SOBRE A ACIDEZ NO ÓLEO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha  
curcas* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis – UFPR/Setor Palotina, como requisito parcial para obtenção do grau de **Tecnólogo em Biocombustíveis**.

Aluna: Rafaela Koglin Bastos  
Orientador: Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo.

PALOTINA - PR  
Agosto de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR PALOTINA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA  
SOBRE A ACIDEZ NO ÓLEO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha  
curcas* L.)**

Aluna: Rafaela Koglin Bastos

Orientador: Prof. Dr. Elisandro  
Pires Frigo.

O PRESENTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO FOI  
APRESENTADO E APROVADO PELA SEGUINTE BANCA  
EXAMINADORA:



Prof. Dr. HELTON JOSÉ ALVES



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> LEDA MARIA SARAGIOTTO COLPINI



Prof. Dr. ELISANDRO PIRES FRIGO  
"Orientador"

PALOTINA - PR  
02 de Agosto de 2013

*“Não conheço nenhuma fórmula infalível para obter o sucesso, mas conheço uma forma infalível de fracassar: tentar agradar a todos”.*

**John F. Kennedy**

*“Dedico aos meus pais Ideraldo e Cláudia por serem a minha base, modelo de família, por acreditarem em mim acima de tudo e investirem de olhos fechados no meu sonho; aos meus irmãos Peterson e Pedro por serem a alegria do meu viver. Ao meu avô Nelson Koglin e meu amigo de infância Thiago Luzzi, que partiram tão cedo desse mundo, mas deixaram um grande exemplo de vida a ser seguido.”*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar o dom da vida, por estar comigo durante toda minha trajetória, iluminar as minhas escolhas, e por me apresentar pessoas maravilhosas as quais foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

À minha abençoada família, que não mediu esforços para que eu fosse em busca dos meus ideais, sendo meus alicerces tanto financeiros quanto sentimentais. Os bens mais valiosos que eu tenho, infelizmente não posso mediante aos meus esforços fazer com que sejam eternos, mas darei minha própria vida pra fazê-los felizes e terem motivo pra se orgulharem por toda uma eternidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo, pelas inúmeras oportunidades que vem me proporcionando, por confiar em mim. O meu muito obrigada e eterna gratidão, conte sempre comigo nesse ciclo de trabalho e amizade que criamos.

O meu carinho, agradecimento e amizade ao Prof. Dr. Helton José Alves, as inúmeras vezes que me atendeu, me auxiliando no laboratório com a paciência e competência indiscutível.

A Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Leda Colpini que me apresentou o curso e desde então tive a certeza que tinha feito a escolha certa.

Ao excelente elenco de professores doutores que contribuíram para minha formação, destaco aqueles que além de tudo posso chamar de amigos: Carlos Coimbra; Roberto Rochadelli; Joel Teleken, que me ajudou com as extrações; e ao Jonathan Dieter, contribuindo com a parte estatística.

Ao meu companheiro, amigo Vinícius de Oliveira Martins, obrigada pela companhia, horas de lazer e distração, palavras encorajadoras e por estar sempre ao meu lado.

Amigos que construí nesses anos acadêmicos, companheiros de trabalho, em especial: Alvaro, Angelo, Lucas, Fernanda e Caroline obrigada pela ajuda de sempre, por dividirem comigo todas as etapas de elaboração deste trabalho. E a todos aqueles amigos que a vida me deu, e cada um sabe sua importância.

Obrigada Vinicius Kothe pela disponibilidade e eficiência na realização das análises por cromatografia.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO GERAL.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. PINHÃO MANSO .....	4
2.1.1. Histórico .....	4
2.1.2. Características agronômicas .....	5
2.1.3. Finalidade energética .....	7
2.2. REUSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA.....	8
2.2.1. Água residuária da suinocultura .....	9
2.2.2. Importância da adubação para as plantas.....	10
2.3. ANÁLISE DA ACIDEZ DO ÓLEO.....	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	13
3.2. DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS .....	15
3.3. COLHEITA E EXTRAÇÃO DO ÓLEO .....	17
3.4. ANÁLISE DA ACIDEZ .....	19
3.5. NEUTRALIZAÇÃO DA ACIDEZ .....	20
3.6. IDENTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS .....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>23</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA .....	23
4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO COM ETANOL.....	24
4.3. ÍNDICE DE ACIDEZ .....	25
4.4. NEUTRALIZAÇÃO DA ACIDEZ .....	27
4.5. IDENTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS .....	30
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: a) Arbustos (pinhão manso); b) Floração; c) Sementes; d) Amêndoas ....	7
FIGURA 2: Localização da área de estudo .....	13
FIGURA 3: Cultura do pinhão manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) na área experimental.....	14
FIGURA 4: Divisão e identificação das parcelas .....	15
FIGURA 5: Distribuição das parcelas com o respectivo tratamento.....	16
FIGURA 6: Bateria de aquecimento Sebelin com extratores de Soxhlet.....	18
FIGURA 7: Etapa de aquecimento com agitação e filtração dos óleos .....	21
FIGURA 8: Tempo de extrações e massas de óleo extraídas .....	24
FIGURA 9: Índice de acidez dos óleos brutos, expresso em mg de KOH.g <sup>-1</sup> óleo.....	26
FIGURA 10: Amostras de óleo neutralizadas.....	28
FIGURA 11: Amostras de óleo bruto .....	28
FIGURA 12: Índices de acidez dos óleos neutralizados, expresso em mg KOH.g <sup>-1</sup> óleo .....	29
FIGURA 13: Relação entre redução da acidez e aumento da concentração de ácido oleico, em função dos tratamentos.....	31
FIGURA 14: Relação entre redução da acidez e a diminuição da concentração de ácido linolênico, em função dos tratamentos .....	32

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: Descrição dos tratamentos em $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ .....	17
TABELA 2: Caracterização da água residuária da suinocultura.....	23
TABELA 3: Volumes de óleo obtidos .....	25
TABELA 4: Massas de óleos pesadas e valores de NaOH gastos nas titulações.....	26
TABELA 5: Principais ácidos graxos encontrados nos seis tratamentos .....	30
TABELA 6: Composição do óleo do pinhão manso de acordo com referências .....	33

## RESUMO

A utilização de água residuária da suinocultura (ARS) para irrigação mostra-se como uma alternativa à problemática da escassez dos recursos hídricos e ao destino inadequado de dejetos que causam grandes problemas ambientais; além de fornecerem nutrientes às plantas reduzindo custos com fertilizantes. A cultura do pinhão manso vem despontando como uma alternativa para produção de biodiesel, por ser uma oleaginosa não utilizada para alimentação humana devido à alta toxicidade. Outra vantagem que se destaca é sua alta adaptabilidade em diferentes condições edafoclimáticas. No entanto, são necessários estudos que determinem a quantidade máxima de ARS que possam ser utilizadas sem que contaminem o solo e águas subterrâneas, e ainda como objetivo deste trabalho análises da influência da ARS nas características da planta, mais especificamente na qualidade do óleo que foi extraído de suas sementes. O experimento contou com uma área de plantio de pinhão manso de 900 m<sup>2</sup>, da qual foram utilizados 216 m<sup>2</sup> para condução do experimento, divididos em dezoito parcelas, estas receberam seis tratamentos com diferentes proporções de ARS com três repetições cada, as aplicações foram realizadas em triplicata com intervalo de três meses entre cada aplicação. A colheita das sementes foi feita manualmente durante todo o período produtivo da planta, o óleo foi extraído com solvente (etanol), justificado pelo fato de ser mais barato, menos tóxico e menos nocivo ao meio ambiente, quando comparado a outros solventes orgânicos, como o hexano. A acidez foi determinada pelo processo de titulação com hidróxido de sódio (NaOH) onde observou-se uma redução inversamente proporcional do índice de acidez expresso em mg KOH.g<sup>-1</sup> óleo quanto maior quantidade de ARS aplicada. As análises por cromatografia gasosa mostraram que os maiores tratamentos favoreceram um acréscimo na produção do ácido oleico (C18:1) proporcional a soma da redução na produção dos ácidos linolênico (C18:2) e ácido esteárico (C18). A redução da porcentagem de ácido linolênico pode ser responsável pela redução da acidez, conferindo ao óleo, maior estabilidade à oxidação e conseqüentemente, menor quantidade de ácidos graxos livres.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e o conseqüente crescimento da demanda por alimentos, intensificou-se a atividade agropecuária. A maior parte de todo dejetos gerado nesta atividade possui destino inadequado, acentuando os impactos sobre o meio ambiente, tornando-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis.

Devido a problemática cada vez mais evidente da indisponibilidade de água em muitas regiões e a escassez de água potável em outras, fez intensificar a busca por alternativas ao consumo, transporte e irrigação. Na agricultura, principalmente familiar, uma alternativa é a reutilização da água residuária da suinocultura.

O estado do Paraná, ao lado de outros como Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, segundo Smanhotto (2008), abrigam os maiores rebanhos suínos do Brasil. Tal atividade tem importância econômica e social por gerar emprego e renda, constituindo dentro do sistema de produção animal, alternativa para viabilizar pequenas propriedades rurais.

São extremamente importantes estudos que determinem o destino adequado dos resíduos agropecuários, uma vez que segundo Prates (2010), o destino sem devidos cuidados desses resíduos causa poluição ambiental, degradando recursos hídricos e solos adjacentes; causando ainda doenças às populações dependentes desses recursos. Os danos ambientais relacionados à disposição inadequada de resíduos orgânicos não tratados no solo sem devido cuidado incluem: contaminação do solo por acúmulo de nutrientes; lixiviação de nutrientes para corpos d'água

vizinhos causando a eutrofização; e emissão de gases do efeito estufa, produzidos durante a decomposição da biomassa.

Devido a elevada concentração de nutrientes presentes na água residuária da suinocultura (ARS), uma das alternativas ao destino desses efluentes é o aproveitamento para fertirrigação de culturas agrícolas, que contribui para a redução dos custos de produção com fertilizantes e água para irrigação, e ainda pode resultar no aumento da produção e principalmente contribuindo com a melhoria ambiental devido ao destino menos impactante dessa água residuária. Tais dejetos podem ainda contribuir com as características químicas, físicas e biológicas do solo e conseqüentemente da cultura implantada (SOUZA *et al.*, 2010).

Em um cenário atual de crise energética, as oleaginosas se destacam entre as culturas agrícolas, devido o aumento do interesse por combustíveis renováveis. No Brasil, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma das espécies oleaginosas mais promissoras, por ser uma planta perene e apresentar alta produtividade, além de ser rústica, o que garante sua adaptação em diferentes tipos de solo e clima. Outra característica que se destaca, é o fato de que o óleo de pinhão manso é altamente tóxico não podendo ser usado na alimentação, logo sua produção pode ser destinada para fins energéticos, uma vez que existe competição entre a produção de alimentos e de energia alternativa. O uso de matéria-prima de oleaginosas destinadas à alimentação humana para a produção de biocombustíveis, pode ocasionar a diminuição na produção de alimentos (ARAÚJO e SOUSA, 2008).

Produtores, governo e instituições de pesquisa buscam uma matéria prima para produção de biocombustíveis que garanta ao produto final qualidade e preço semelhante aos derivados de petróleo, pois só assim consumidores vão optar pela substituição total dos mesmos, reduzindo emissão de gases de efeito estufa e outros problemas ambientais associados. O pinhão manso vem ganhando destaque no cenário brasileiro, surgindo perspectivas para o aumento das áreas de plantio, uma vez que estudos comprovam a eficiência do óleo na produção de biodiesel (Arruda *et al.*, 2004). Porém investimentos em pesquisas ainda são necessários.

A prática mais comum para produção de biodiesel é a transesterificação dos triglicerídeos, com metanol ou etanol, na presença de um catalisador, gerando como subproduto a glicerina (FELIZARDO *et al.*, 2006). Em geral, buscam-se óleos com baixo índice de acidez para produção de biodiesel, visto que o hidróxido de sódio

(catalisador mais usado tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado), pode reagir com os ácidos graxos livres formando sabão e dificultando o processo de separação do produto processado (SILVA, 2008 e PARENTE, 2003).

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Neste trabalho, objetivou-se analisar os efeitos de diferentes tratamentos, com água residuária da suinocultura, sobre as propriedades do óleo extraído. Em vista da inexistência de dados sobre o uso da ARS na cultura e produção do pinhão manso. Há necessidade de disponibilizar aos produtores de suínos, alternativas de destino adequado e de baixo custo dessa água residuária e ainda aos pesquisadores de novas fontes energéticas, como de oleaginosas para produção de biodiesel.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PINHÃO MANSO

No Brasil conhecidamente encontram-se cerca de 70 gêneros e 1100 espécies da Euphorbiaceae, uma das maiores famílias das Angiospermae, distribuídas em todos os tipos de vegetação, apresentando porte herbáceo, sub arbustivo, arbustivo, ou arbóreo. Dentre esta família o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) se destaca como uma oleaginosa promissora na produção de biodiesel (NUNES, 2007).

#### 2.1.1. Histórico

Da família das Euforbiáceas, o pinhão manso tem origem bastante discutida. Segundo Arruda, *et al.* (2004) e ABA (2007) é uma espécie considerada como nativa do Brasil. Também conhecido em diferentes regiões como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, pinhão-das-barbadas, sassi, dentre outros.

O gênero *Jatropha*, possui em torno de 160 espécies, muitas apresentam valor ornamental, medicinal e outras produzem óleo. A espécie mais estudada é a *J. curcas* L., conhecida por pinhão manso que é duplamente importante por possui valor medicinal e também é produtor de óleo (MUNCH e KIEFER, 1989).

Atualmente é encontrada em maior escala nas regiões tropicais e temperadas e, em menor extensão, nas frias, porém está presente em quase todas as regiões intertropicais. No Brasil, o pinhão manso ocorre praticamente em todas as regiões, sempre de forma dispersa, adaptando-se em condições edafoclimáticas as mais variáveis, propagando-se sobretudo nos estados do Nordeste, até São Paulo e Paraná (CORTESÃO, 1956 e PEIXOTO, 1973).

### 2.1.2. Características agronômicas

O pinhão manso pode suportar longos períodos de secas sendo encontrado desde o nível do mar até 1.200 m de altitude; desenvolve-se bem tanto nas regiões tropicais secas, quanto nas zonas equatoriais úmidas, como também em solos áridos e pedregosos. Apesar de ser considerado uma espécie rústica, o pinhão manso apresenta melhor desempenho em condições que favorecem o bom desenvolvimento da planta, principalmente um melhor desenvolvimento no sistema radicular, para exploração de maior volume de solo, satisfazendo as necessidades da planta em água e nutrientes; em local com pouca chuva e exposição ao vento desenvolve-se pouco, não ultrapassando dois metros de altura (SANTOS, *et al.* 2009 e DRUMOND *et al.* 2009).

É um arbusto suculento e caducifólio, com ramificações desde a base, de crescimento rápido cuja altura é de dois a três metros mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; raízes curtas e com poucas ramificações; caule liso de lenho mole, pouco resistente; apresenta folhas simples alternadas e subopostas, as inflorescências surgem junto as folhas novas; as flores são de cor amarelo-esverdeadas, unissexuais. Os frutos são do tipo cápsula trilocular (uma semente em cada cavidade) e ficam carnudos e amarelados quando maduros, são compostos de 53 a 62% de sementes; a semente é relativamente grande, quando seca mede de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura, debaixo do involúcro da semente há uma película branca cobrindo a amêndoa; essas sementes podem ter em torno de 33 a 45% de cascas e 55 a 66% de amêndoas (PEIXOTO, 1973 e ARRUDA, *et al.* 2004).

A polinização do gênero *Jatropha*, é realizada por insetos como abelhas, formigas, moscas, vespas, dentre outros. Essa forma de propagação entomófila contribui para aumento da variabilidade genética das plantas em cultivo. A floração do pinhão manso ocorre no período da seca e o amadurecimento ocorre em sessenta dias após a primeira floração (DIAS *et al.*, 2007).

A colheita é manual, pois os frutos amadurecem de forma irregular, favorecendo a agricultura familiar. De acordo com Saturnino *et al.* (2005), um método de colher os frutos é vibrar o pé de pinhão manso, para provocar a queda dos frutos secos, porém este método não é viável, pois como a floração é



desuniforme, podem cair frutos imaturos. Dias *et al.* (2007), apresenta um método de colheita em etapas, mais eficaz, na primeira etapa são colhidos apenas os frutos maduros, de coloração amarela e os frutos secos, de coloração marrom ou preta, ficando na planta os frutos verdes para a próxima etapa e assim por conseguinte. O autor acrescenta que a parte mais complexa não é a colheita e sim a armazenagem que deve ocorrer em ambiente limpo, arejado sem umidade, com pouca luminosidade sem incidência direta de luz e sem contato com o solo.

O óleo de pinhão manso já é utilizado na fabricação de sabões, lubrificantes e tintas. Também pode ser utilizado para outros fins, tais como: substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocar ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia. Devido ao éster de forbol, contido na semente, torna-se extremamente venenoso, sendo seu óleo e sua torta impróprios para consumo humano e animal (PEDROSO, *et al.* 2010 e PEIXOTO, 1973).

A torta resultante da extração do óleo pode servir como adubo orgânico devido ao alto teor de nitrogênio, fósforo e potássio (SILVA, 2006). Embora apresente princípios tóxicos pela presença de curcina (proteína com efeitos inibitórios a síntese proteica), ésteres de forbol (indutores da formação de tumores e de resposta inflamatória), e inibidores de protease, Éguia (2006) afirma que quando desintoxicada a torta serve ainda como excelente ração para aves, bovinos e peixes, contendo em média 54% de proteína.

As folhas, com 14,5% de proteína e digestibilidade acima de 50%, quando fenadas apresentam composição bromatológica semelhante as forrageiras, podendo ser incorporadas como suplemento alimentar para caprinos, bovinos e ovinos. No entanto deve ser realizadas análises para determinação dos compostos tóxicos e antinutricionais, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2008).

Na Figura 1 estão representadas o arbusto de pinhão manso, e seus principais constituintes, observa-se o formato de suas folhas, a floração, sementes e as amêndoas já retiradas das sementes.

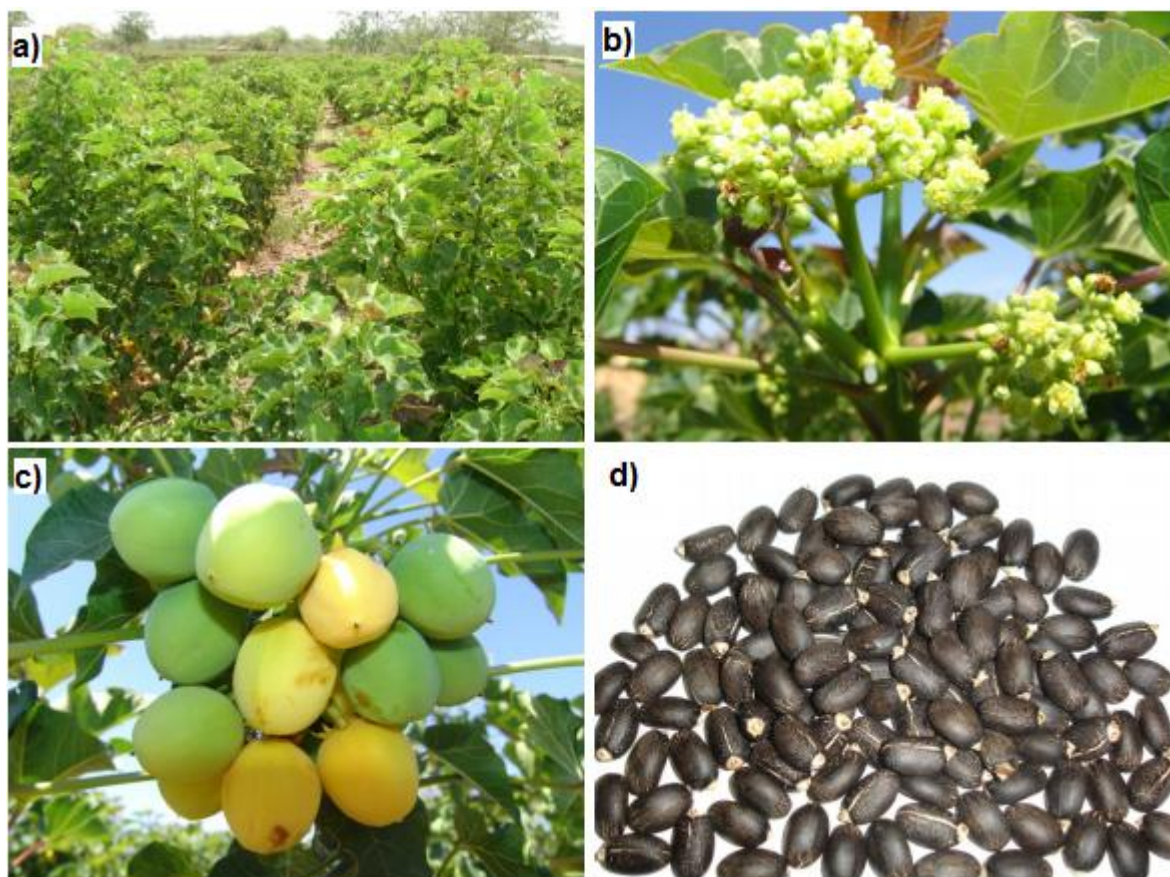


FIGURA 1: a) Arbustos (pinhão manso); b) Floração; c) Sementes; d) Amêndoas  
Fonte: Embrapa, 2008

### 2.1.3. Finalidade energética

A grande eficiência do uso de óleos vegetais como matéria prima para a produção de biocombustíveis, tais como o biodiesel, tem estimulado inúmeras pesquisas (NETO e ROSSI, 2000). O biodiesel é usualmente obtido através da reação de transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com um mono-álcool de cadeia curta (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (RINALDI *et al.*, 2007).

A *Jatropha curcas* L. é tida como tolerante ao déficit hídrico para sobrevivência, e pode apresentar a capacidade de recuperação de áreas degradadas, crescendo em solos de baixa fertilidade, se adaptando em diversas regiões do Brasil. Devido a essa resistência, adicionalmente a sua capacidade de

produção de óleo vegetal, tem recebido incentivo nos últimos anos como uma alternativa para fornecimento de matéria prima para fabricação de biodiesel (TEIXEIRA, 2005).

Essa oleaginosa vem despontando no cenário Brasileiro como uma matéria prima viável para produção de biodiesel, pois segundo Carnielli (2003), produz cerca de duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, estendendo-se a até quarenta anos. Possui entre 24% e 40% de óleo em sua semente de acordo com Soares (2009). Para Salum *et al.* (2010), o pinhão manso mostra-se entre as oleaginosas mais promissoras no Brasil, por possuir elevado teor de óleo, ser de fácil cultivo, além do óleo possuir uma melhor estabilidade oxidativa que a soja e a palma e apresentar boa viscosidade, se comparada a mamona, apresentando uma elevada importância econômica e social.

Segundo Arruda *et al.* (2004), a porcentagem de óleo da semente do pinhão manso é maior e mais puro se extraído com solvente quando comparado a extração por prensagem. O alto grau de pureza do óleo é obtido nos processos de extração com hexano, n-propanal, isopropanal, e ainda, o etanol.

O etanol apresenta uma polaridade intermediária entre a água, polar, e o hexano, apolar. Solventes apolares apresentam alta afinidade com os lipídeos presentes no grão, por isso a extração com hexano por exemplo, requer uma etapa de destilação do solvente da micela extraída (óleo + solvente). A extração com o solvente mais polar (etanol), dispensa essa etapa por um simples período de resfriamento, obtendo-se duas fases, uma micela rica em óleo e outra micela rica em álcool (TOMAZIN JUNIOR, 2008)

No Brasil a obtenção de etanol a partir da cana de açúcar coloca o país em uma posição privilegiada no processamento de oleaginosas. O etanol além de ser obtido de fontes renováveis, não é tóxico nas condições industriais e independe do mercado internacional do petróleo (CARVALHO, 2001).

## 2.2. REUSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Segundo Medeiros *et al.* (2008) as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária devido sua grande disponibilidade são, a possibilidade do aporte e

reciclagem de nutrientes e conservação da água potável, ajudando na preservação do meio ambiente.

O requisito fundamental para eficiência do uso das águas residuárias na agricultura é contar com informações sobre as características do efluente e da área que será utilizada, e ainda com estratégias para otimizar a qualidade e a quantidade da produção, tendo em vista a melhoria da produtividade da lavoura, do ambiente e da saúde pública, em que uma combinação apropriada dos diferentes componentes, permitirá bom resultado para a condição específica de manejo (BELLINGIERI, 2005).

### 2.2.1. Água residuária da suinocultura

Dentre as águas residuárias das atividades agropecuárias, se destaca a água residuária da suinocultura, ARS, que apresentam risco de desequilíbrio ecológico quando dispostos inadequadamente e desde que bem monitorada o reuso desse tipo de água residuária surge como alternativa para o seu descarte, com o benefício da reciclagem de nutrientes para as culturas (CAVALLET *et al.*, 2006).

Conforme Associação dos Suinocultores do Oeste do Paraná (ASSUINOESTE), a região Oeste do Paraná, detém o maior plantel de suínos do estado, no ano de 2007, a região abrigou cerca de 1,67 milhões de suínos, com produção média diária de água residuária de 14.362 mil m<sup>3</sup> (BLEY JÚNIOR, 2004 e SMANHOTTO, 2008).

Os dejetos suínos são escuros e possuem odor desagradável, constituídos por fezes e urina dos animais, além de água desperdiçada em bebedouros e higienização, resíduos de ração, pêlos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório (OLIVEIRA, 2006 e GOSMANN, 1997). Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, principalmente na quantidade de água e nutrientes dependendo do sistema de manejo adotados. Além da grande quantidade de matéria orgânica presente nesses resíduos pode-se verificar também nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros nutrientes incluídos nas dietas dos animais (LEITE *et al.*, 2004).

O efluente suinícola, segundo Factor *et al.* (2008) por conter nutrientes e matéria orgânica, melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo,

podendo ainda melhorar as características da cultura. Ao mesmo tempo, por mais privilegiado que seja seu potencial de uso como fertilizante, é um resíduo, um esgoto poluente e que, ao ser disposto na natureza sem os necessários cuidados, causará impacto ambiental significativo no solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, assim como a toda e qualquer forma de vida que habitem este ecossistema (PEREIRA, 2008).

A produção anual de dejetos suínos no Brasil está estimada em 105,6 milhões de metros cúbicos, no entanto, somente 15% possuem destino adequado (VELHO, 2011). Dejetos da suinocultura, sem tratamento ou parcialmente tratados têm sido usados continuamente em áreas vizinhas à granja, pois o custo do seu transporte, para áreas distantes é elevado (SEGANFREDO *et al.*, 2003).

Os dejetos líquidos de suínos apresentam um alto potencial fertilizante, podendo substituir a adubação química, contribuindo significativamente para o aumento da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (SCHERER, 1999). Mas de acordo com Silva (2013) a aplicação excessiva pode causar a contaminação do solo e das águas.

O aumento do plantel na suinocultura e a concentração desta atividade ao longo dos anos têm levado a um acréscimo do volume do dejetos gerado e sua aplicação no solo como fertilizante, muitas vezes em quantidades elevadas tem sido prejudicial ao solo, planta e águas subsuperficiais e superficiais (PANDOLFO *et al.*, 2008). Devido a essa situação torna-se necessário realizar pesquisas que determinem a quantidade máxima de dejetos que possam ser utilizados sem contaminar o solo, e ainda identificar alterações fisiológicas nas plantas, seja em sua morfologia, produção ou características do óleo, no caso de oleaginosas como o pinhão manso.

### 2.2.2. Importância da adubação para as plantas

As exigências nutricionais da planta, a composição química e o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos são informações imprescindíveis que podem servir como subsídio para estimar a quantidade dos nutrientes a ser fornecida às plantas por meio da adubação (LAVIOLA e DIAS, 2008),

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial às plantas, em razão de participar da formação das proteínas, aminoácidos, e outros componentes importantes ao seu metabolismo; sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento da planta. O fósforo (P) é crucial ao metabolismo, desempenha papel importante na transmissão de energia na célula, respiração e fotossíntese; as limitações de sua disponibilidade podem resultar em restrições no desenvolvimento. O potássio (K) tem como objetivo ativar as enzimas, sendo que mais de 50 enzimas são dependentes do K para sua atividade normal, sendo atribuído também a esse macronutriente a tolerância das plantas a seca e a geada (FAQUIN, 1994; GRANT *et al.*, 2001 e MENGEL, 1982).

O boro (B) e o cálcio (Ca) são indispensáveis à germinação do grão de pólen, ao crescimento do tubo polínico e, conseqüentemente, à fecundação da flor. Entre os micronutrientes limitantes destacam-se o zinco (Zn) e o cobre (Cu). O fornecimento inadequado destes nutrientes pode contribuir para uma redução de produtividade, devido a um menor pegamento da florada (MARSCHNER, 1995; LAVIOLA e DIAS, 2008).

Para determinar a fração do que deve ser aplicado anualmente à lavoura, devem ser consideradas a quantidade de nutrientes presentes na biomassa vegetativa e a quantidade de nutrientes que a planta absorve; sendo que nos dois primeiros anos de cultivo as exigências de nutrientes minerais são menores, aumentando rapidamente após o terceiro ano de implantação da cultura (PREZOTTI, 2001).

### 2.3. ANÁLISE DA ACIDEZ DO ÓLEO

O índice de acidez é definido como sendo o número de miligramas de hidróxido de potássio ou sódio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres de um grama da amostra (SILVA, 2008).

O estado de conservação do óleo está diretamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, enquanto a

rancidez é quase sempre acompanhada da formação de ácido graxo livre (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

Os ácidos graxos livres são responsáveis pela degradação dos óleos e também de ésteres, ocasionando uma maior oxidação das cadeias, alterando a sua composição e propriedades (BUENO, 2007).

Altos índices de acidez, como afirma Silva (2010), têm um efeito bastante negativo sobre a qualidade do óleo, a ponto de torná-lo impróprio para alimentação humana ou até mesmo para fins carburantes, pois tem ação corrosiva sobre os componentes metálicos do motor.

O objetivo desta análise é determinar, através de uma titulação, a porcentagem de ácidos graxos livres nos óleos ou gorduras (SILVA, 2008).

De acordo com a Resolução ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) Nº 14, de 11.5.2012 – DOU 18.5.2012, o limite aceito do índice de acidez para o biodiesel é de  $0,50 \text{ mg KOH.g}^{-1}$  de óleo. Como Cardoso *et al.* (2007) mostrou em seu trabalho, a acidez da matéria prima reflete na acidez do produto final (biodiesel).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na área experimental localizada nas dependências do Colégio Agrícola - CAEAAC, do município de Palotina – PR, com uma área de plantio de pinhão manso de 900 m<sup>2</sup> contando com bordeamento, da qual foram utilizados 216 m<sup>2</sup> para condução do trabalho. Coordenadas geográficas: Fuso 22J, 220973.41 leste e 7304274.48 sul (Figura 2).



FIGURA 2: Localização da área de estudo  
Fonte: Google Earth

De acordo com Silva (2013) e IAPAR (2000), o município apresenta temperatura média de 20 °C e a umidade relativa do ar média de 75%, com precipitação média anual de 1800 mm, com verões quentes e invernos frios ou amenos. Geadas são frequentes nos períodos mais frios.

A cultura utilizada foi o pinhão manso, conforme Figura 3, que já estava implantada na área há aproximadamente cinco anos. O solo e as plantas do



experimento até o presente momento não haviam recebido nenhuma aplicação de adubação de qualquer forma. O acompanhamento da cultura foi conduzido durante os meses de dezembro de 2011 a junho de 2012.



FIGURA 3: Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) na área experimental

A área experimental (216 m<sup>2</sup>) foi dividida em 18 parcelas, cada parcela possui espaçamento de 4m x 3m e quatro plantas de pinhão manso cada, separadas e identificadas de acordo com a Figura 4.



FIGURA 4: Divisão e identificação das parcelas

### 3.2. DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Conforme ilustrado na Figura 5, as 18 parcelas do experimento foram divididas em três blocos, cada bloco recebeu seis tratamentos com diferentes quantidades de ARS, que foram distribuídos por sorteio. Cada tratamento contou então com três repetições.

	4 m	4 m	4 m
3 m	P1 (T3)	P2 (T6)	P3 (T5)
3 m	P4 (T1)	P5 (T2)	P6 (T4)
3 m	P7 (T6)	P8 (T1)	P9 (T3)
3 m	P10 (T5)	P11 (T4)	P12 (T2)
3 m	P13 (T6)	P14 (T3)	P15 (T1)
3 m	P16 (T2)	P17 (T5)	P18 (T4)

FIGURA 5: Distribuição das parcelas com o respectivo tratamento

Foram realizadas três aplicações de ARS durante o período de instalação do experimento, para todos os tratamentos, sendo que a primeira aplicação aconteceu no mês de dezembro de 2011, a segunda aplicação no mês de março de 2012 e a última aplicação em junho de 2012. A água residuária foi cedida por uma propriedade rural próxima ao CAEAAC, e era armazenada em esterqueiras após recolhimento das baias; o transporte foi feito por funcionários do CAEAAC com auxílio de trator e tanque; a aplicação foi feita manualmente com regadores de PVC de capacidade igual a 8 litros, aplicando no solo de toda área da parcela.

A descrição dos seis tratamentos e quantidade total de ARS utilizada durante todo o experimento está na Tabela 1.

TABELA 1: Descrição dos tratamentos em  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ 

Tratamentos	$\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$
T1	0
T2	40
T3	80
T4	120
T5	160
T6	200
Total 1 aplicação	1800
Total 2 aplicação	1800
Total 3 aplicação	1800
Total experimento	5400

As amostras de água residuária foram coletadas antes de cada uma das aplicações em recipientes com tampas de 500 mL, esse material foi congelado até ser encaminhado ao Laboratório de Análises Agrícola e Ambiental – AGRILAB/UNESP, para ser analisado quimicamente de acordo com a metodologia de APHA, AWWA e WEF (1998), com determinação de pH (potencial hidrogeniônico), CE (condutividade elétrica), C.Org. (carga orgânica),  $\text{NO}^3\text{-}+\text{NO}^2\text{-}$  (íons nitrato e nitrito), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Na (sódio), Cu (cobre), Mn (manganês), Zn (zinco), Fe (ferro) e N (nitrogênio) Total.

### 3.3. COLHEITA E EXTRAÇÃO DO ÓLEO

Como a maturação é irregular, a colheita das sementes de pinhão manso foi feita manualmente, desde a primeira aplicação em dezembro de 2011, até julho de 2012, observando-se a diminuição da produtividade a partir de maio de 2012, quando as plantas começaram a perder suas folhas.

As sementes, separadas por parcelas e tratamentos correspondente, foram descascadas, e as amêndoas armazenadas em sacos de papéis abertos, de acordo com o proposto por Dias *et al.* (2007), em local seco e arejado, sem exposição direta à luz, até o período onde se iniciou a extração.

As extrações do óleo foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica nas dependências da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina. O

método escolhido foi a extração por solvente devido à pouca quantidade de amêndoas colhidas.

O equipamento utilizado foi a bateria de aquecimento Sebelin, com capacidade para seis extratores de Soxhlet (Figura 6), onde seu princípio de funcionamento é o contato entre o solvente e a massa de oleaginosa, o solvente que fica armazenado no balão sob aquecimento evapora e condensa sobre o material sólido, quando condensado ultrapassa um certo volume e escoar de volta para o balão juntamente com o teor de óleo extraído, onde é aquecido e novamente evaporado.

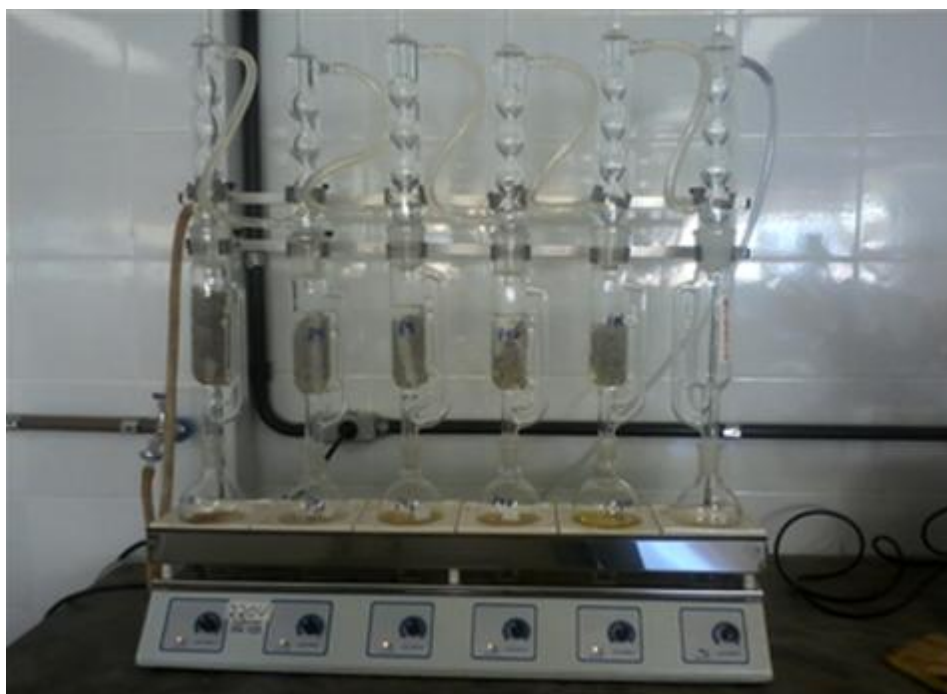


FIGURA 6: Bateria de aquecimento Sebelin com extratores de Soxhlet

O solvente utilizado foi o etanol, justificado pelo fato de ser mais acessível, menos tóxico e causar menor impacto ao meio ambiente, quando comparado ao hexano. As amêndoas antes da extração, foram expostas à estufa a 60 °C (para não promover a desnaturação) por aproximadamente 24 horas. Posteriormente, trituradas para aumentar a área de contato com o solvente; pesadas aproximadamente 30 gramas de amostra seca e colocadas em um filtro de papel que foi grampeado e colocado no extrator Soxhlet. O volume de etanol utilizado foi

de 170 mL. O equipamento permitiu que seis amostras de cerca de 30 gramas sofressem extração simultaneamente.

Quanto ao tempo de extração (horas de contato entre solvente e massa sólida), foram realizados testes para otimização do processo com as mesmas quantidades de massa de pinhão manso e solvente, testando os tempos de 1:00, 01:30, 01:35, 02:00, 5:00 e 06:00 horas visando extração máxima do óleo no menor tempo.

Após a extração, no mesmo sistema de aquecimento Sebelin, ocorreu a evaporação do álcool, baseado no mesmo princípio porém sem o filtro com a amostra e sem deixar que o etanol escoasse de volta ao balão. O óleo que sobrou no balão foi submetido à secagem em estufa à 100 °C por 24 horas para eliminar traços de solvente e água.

No término das extrações, os óleos de cada tratamento foram unidos conforme seus respectivos tratamentos em vidros com tampas, devidamente identificados e armazenados em geladeira sob temperatura na faixa dos 4 °C para conservação das propriedades dos mesmos.

### 3.4. ANÁLISE DA ACIDEZ

Para análise da acidez, utilizou-se os equipamentos do Laboratório de Catálise e Produção de Biocombustíveis, UFPR – Palotina. As amostras foram submetidas a um pré-tratamento que consistiu no aquecimento à 90 °C por 30 minutos com agitação magnética e filtração a quente simples, para eliminação da água e etanol que por ventura não foram eliminados nas etapas anteriores. Foram então medidos os volumes dos óleos obtidos em cada tratamento.

Para determinação do índice de acidez (IA), primeiramente pesou-se aproximadamente 1g de amostra de óleo de cada tratamento em um erlenmeyer de 25 mL, sendo que em cada um destes adicionou-se 50 mL de solução éter-álcool (2:1) e 3 gotas do indicador fenolftaleína (1%). Apenas para comparações, foi medida ainda a acidez do óleo de soja.

Procedeu-se a titulação com uma solução de Hidróxido de Sódio 0,086 mol.L<sup>-1</sup> com fator de correção igual a 0,860009, considerado ruim quimicamente, buscaram-se fatores acima de 0,9. O surgimento da coloração rósea, a qual permanecendo

durante 30 segundos indicou o final da titulação. Foram realizadas duplicatas para titulações de cada amostra, anotadas as massas reais pesadas e os valores gastos do titulante para realização dos cálculos do índice de acidez (IA).

Para os cálculos do IA foram utilizadas as médias dos valores, inseridos na Equação (1), de acordo com Oliveira *et al.* (2012).

$$IA = \frac{V.F.5,61}{P} \quad (1)$$

Onde:

V= volume NaOH gasto na titulação (mL);

F= fator de correção da solução;

P= massa de óleo pesada (g).

5,61= constante que converte o resultado para KOH (uma vez que o titulante utilizado foi o NaOH).

### 3.5. NEUTRALIZAÇÃO DA ACIDEZ

Realizadas as titulações para os cálculos do índice de acidez, as amostras foram submetidas ao processo de neutralização, segundo a metodologia proposta por Martins (2012). Preparada uma solução aquosa com concentração de NaOH 10% (massa/volume). Para cada um dos seis tratamentos foi utilizado um volume de solução neutralizante correspondente à acidez, multiplicando o valor da acidez em g de NaOH pela massa total de óleo, fazendo então a relação de quantos mL de solução são necessárias para neutralização dos ácidos graxos livres presentes em cada amostra de óleo. Os óleos juntamente com a solução neutralizante, conforme a Figura 7 foram colocados em chapa quente (à 70° C), com agitação magnética durante 15 minutos, posteriormente a mistura foi transferida para um funil de vidro com filtro de papel para filtração simples, a qual demorou aproximadamente 24 horas até que o óleo escoasse completamente, e a fase orgânica retida foi descartada juntamente ao filtro, restando pouca quantidade de óleo.





FIGURA 7: Etapa de aquecimento com agitação e filtração dos óleos

Após a filtração, os óleos foram lavados três vezes com proporções de 5 mL de água fervente. A secagem do óleo ocorreu em estufa à 85 °C por 48 horas. Após a secagem, o índice de acidez foi determinado novamente.

### 3.6. IDENTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS

Aproximadamente 1,0 mL de amostra de óleo bruto de cada tratamento foram guardadas em eppendorf devidamente isolados com parafilme antes de qualquer procedimento. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório da UFPR em Curitiba para análise por cromatografia gasosa (CG) para identificação dos ácidos graxos (AG) presentes.

Para obtenção dos resultados requeridos, foi necessário a conversão dos triacilgliceróis em ésteres, por transesterificação e esterificação pelo método HARTMAN e LAGO, adaptada por Antoniosi Filho e Lanças (2005).

Primeiramente foi preparada uma solução de metóxido ( $\text{NaOH/MeOH } 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ) para transesterificação, em um balão de 100 mL transferiu-se 2,0 g de



hidróxido de sódio, o volume foi completado com metanol. Para preparo da solução esterificante, uma mistura contendo 2,0 g de cloreto de amônia, 60,0 mL de metanol e 3,0 mL de ácido sulfúrico concentrado, foi submetida a agitação por cerca de 15 minutos.

As conversões dos óleos vegetais ocorreram em tubo de ensaio com tampa, onde 200 mg de amostra de óleo foram adicionadas juntamente com 3,0 mL da solução de NaOH em metanol; o tubo com a mistura foi aquecido em banho maria a 90 °C por 10 minutos. Posteriormente ao tempo do banho, depois de esfriar em temperatura ambiente, 9,0 mL da solução esterificante foram adicionados, e novamente aquecidos sob mesma temperatura e durante o mesmo tempo; depois de esfriar, adicionou-se 5,0 mL de n-heptano e 10 mL de água deionizada, toda a mistura foi agitada, observou-se a separação das fases. Em seguida foram coletados 1,0 mL da fase orgânica (superior) e transferida para um vial para análise por CG.

Assim a porcentagem de éster é correspondente a porcentagem de ácido graxo analisado.

O equipamento utilizado foi o Cromatógrafo a Gás Shimadzu (GC-2010 Plus - Cromatógrafo Gasoso) com detector de chamas (FID) e coluna Select Biodiesel – Agilent.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

Na Tabela 2 é apresentada a caracterização do dejetos de suínos utilizados em cada uma das três aplicações.

TABELA 2: Caracterização da água residuária da suinocultura

Aplicações	Parâmetros						
	pH*	CE**	C.Org.*	NO <sup>-3</sup> NO <sup>2*</sup>	P*	K*	Ca*
1 <sup>a</sup>	8,40	5170	12,19	71,1	25,82	1160,0	837,0
2 <sup>a</sup>	7,97	3270	2,12	2,80	29,55	581,0	9,20
3 <sup>a</sup>	7,60	4060	2,55	26,3	14,47	410,0	13,70
	Mg*	Na*	Cu*	Mn*	Zn*	Fe*	N* Total
1 <sup>a</sup>	630	152,1	12,7	24,82	75,0	177,0	2151,3
2 <sup>a</sup>	14,1	95,0	0,13	0,04	0,4	5,62	582,4
3 <sup>a</sup>	19,3	83,0	0,05	0,05	0,03	1,79	413,0

\*Unidades em (mg L<sup>-1</sup>),

\*\* Unidade de CE em (dSm<sup>-1</sup>).

Fonte: Adaptado de Silva (2013)

Laviola e Dias (2008) defendem em seus estudos a necessidade de que a cultura do pinhão manso tem frente aos macros e micros nutrientes, apresentando acúmulo no limbo foliar e em frutos maduros. Sendo a seguinte ordem de concentração no limbo foliar: N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > Zn > Cu. Já em frutos maduros, observou-se a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes: N > K > Ca > P ≥ Mg > S > Mn > Fe > Zn > Cu. Nota-se que existem algumas particularidades em relação ao requerimento de macro e micronutrientes para formação das folhas e frutos, principalmente em relação à exigência de cálcio. Todos elementos estudados foram disponibilizados para a cultura pela adubação com ARS, como mostra a caracterização da água residuária da suinocultura.

## 4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO COM ETANOL

O uso do etanol como solvente é defendido na literatura por MERCK (2006) e Carvalho (2001), pois este pode ser uma alternativa ao processo de extração, além de ser produzido através de fontes renováveis. A comparação das propriedades químicas permite verificar que o etanol oferece menores riscos operacionais que o hexano, pois apresenta maior temperatura de inflamação (22 °C contra 12 °C) e toxicidade mais baixa. A obtenção de etanol a partir da cana de açúcar coloca o Brasil em uma posição privilegiada na eliminação do uso de derivados de petróleo no processamento de oleaginosas. Além de ser obtido de fontes renováveis e não ser tóxico, o etanol independe do mercado internacional do petróleo.

Pereira (2009) estudou a extração de óleo de pinhão manso com diferentes solventes e por prensagem, seus resultados comprovaram a eficiência do método soxhlet com etanol, capaz de extrair o óleo com um rendimento em torno de 37- 46% na extração.

Para otimização do processo com solvente etílico, vários tempos foram testados, estes juntamente com a massa em gramas de óleo extraído estão expressos na Figura 8.

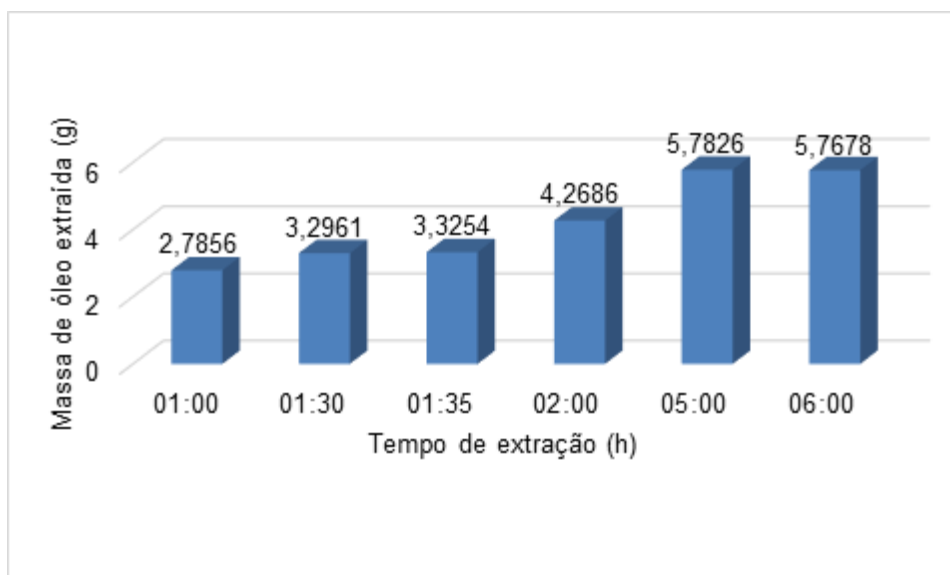


FIGURA 8: Tempo de extrações e massas de óleo extraídas

Em relação aos testes realizados, até o tempo de 5 horas o teor de óleo extraído aumentou significativamente, por isso foi testado ainda o tempo de 6 horas. Quando este não apresentou resultado relevante, pode-se concluir que, operacionalmente, o menor tempo de extração é economicamente favorável.

#### 4.3. ÍNDICE DE ACIDEZ

Na Tabela 3, estão abordados os volumes de óleos obtidos, destacando que a diferença entre as quantidades não deve ser considerada em função dos tratamentos, uma vez que a maturação das sementes é muito irregular durante um longo período produtivo, gerando perdas.

TABELA 3: Volumes de óleo obtidos

<b>Tratamentos</b>	<b>Volumes (mL)</b>
T1	19,0
T2	8,50
T3	16,5
T4	15,5
T5	6,50
T6	2,50

Os valores abordados na Tabela 4 são referentes as massas de óleo pesadas e aos valores de NaOH gastos nas titulações realizadas em duplicatas para cada tratamento, os quais foram utilizados para os cálculos do índice de acidez.

TABELA 4: Massas de óleos pesadas e valores de NaOH gastos nas titulações

Tratamentos	Titulação 1		Titulação 2	
	Massa de Óleo (g)	Volume de NaOH (mL)	Massa de Óleo (g)	Volume de NaOH (mL)
T1	1,0079	8,4	1,0094	8,5
T2	1,0065	4,0	1,0069	4,1
T3	1,0015	3,9	1,0029	3,8
T4	1,0035	2,2	1,0094	2,4
T5	1,0062	1,1	1,0098	1,2
T6	1,0089	0,7	1,0012	0,6

Foi gerada uma média do índice de acidez para cada tratamento, as quais estão apresentadas na Figura 9.

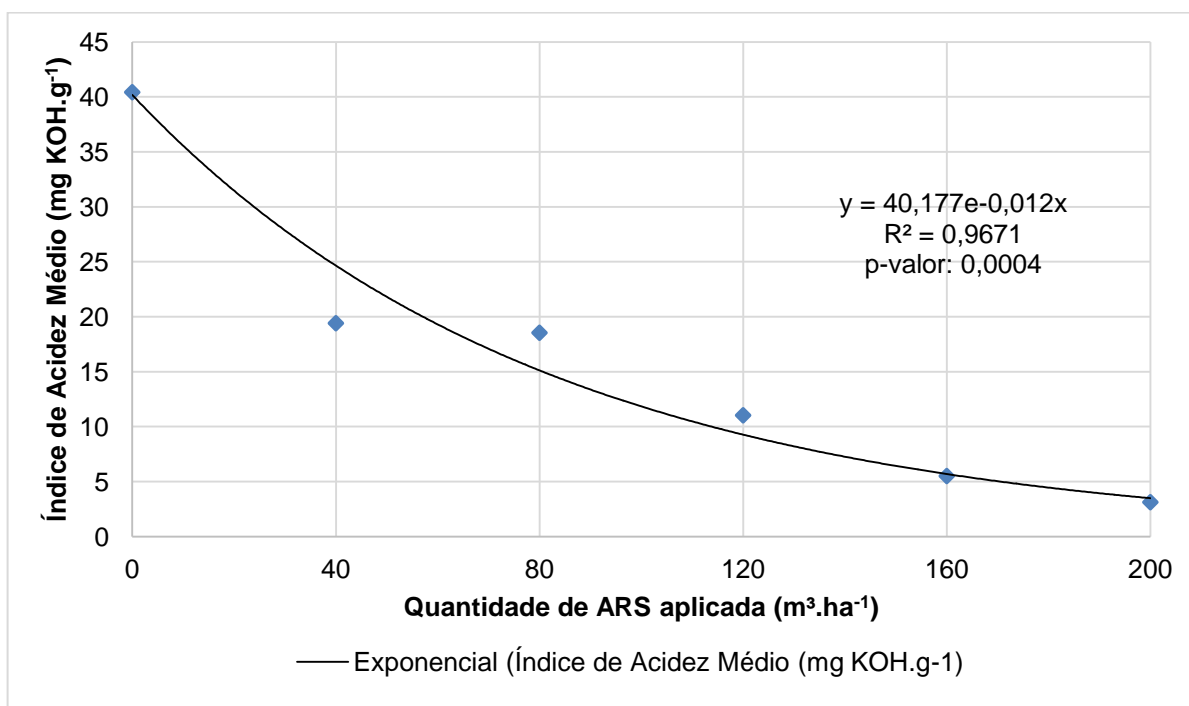


FIGURA 9: Índice de acidez dos óleos brutos, expresso em mg de  $\text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$  óleo

A partir da estatística gerada onde o valor de significância  $R^2$  foi de 0,9671, indicando que a linha de tendência obtida por meio da regressão apresentada no

gráfico se mostra bem ajustada aos dados obtidos pelos tratamentos, confere-se maior significância aos valores encontrados, com uma margem de erro igual a 5%.

O óleo de pinhão manso isento de tratamento com água residuária da suinocultura apresentou uma acidez bastante elevada (40,42 mg KOH.g<sup>-1</sup> de óleo), mas esperada, pois Oliveira *et al.* (2010) apresenta valor de 20,42 mg de KOH.g<sup>-1</sup> de óleo para óleo degomado, sendo o óleo analisado totalmente bruto. A elevada acidez pode ser atribuída às condições e ao tempo de armazenamento pelo qual as sementes foram submetidas.

Em contrapartida, ficou evidente a redução da acidez quanto maior o tratamento, ou seja, maior a quantidade de ARS aplicada. O que é viável no ponto de vista químico e industrial uma vez que quanto menor a acidez da matéria-prima maior facilidade no processo de produção de biodiesel, reduzindo custos com pré-tratamentos como a neutralização.

Melo (2006) produziu biodiesel a partir da transesterificação direta do óleo de pinhão manso com acidez de 3,13 mg KOH.g<sup>-1</sup>, fazendo concluir que a redução da acidez causada pelo tratamento 6 permite um resultado semelhante ao desse autor uma vez que a acidez obtida foi de 3,12 mg KOH.g<sup>-1</sup>. Sem que seja necessária a neutralização para alcançar tal resultado, viabilizando o uso do óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel.

#### 4.4. NEUTRALIZAÇÃO DA ACIDEZ

Após a neutralização, os óleos foram novamente armazenados e identificados conforme Figura 10, onde se observa que ficaram mais claros quando comparados aos óleos brutos (Figura 11).



FIGURA 10: Amostras de óleo neutralizadas



FIGURA 11: Amostras de óleo bruto

Após a filtração, apenas os óleos neutralizados com maior volume (T1, T3 e T4) foram lavados, pois as quantidades dos demais foram insignificantes para posterior análise. A acidez medida e calculada após a lavagem dos tratamentos com maiores quantidades de amostra, estão dispostas na Figura 12.

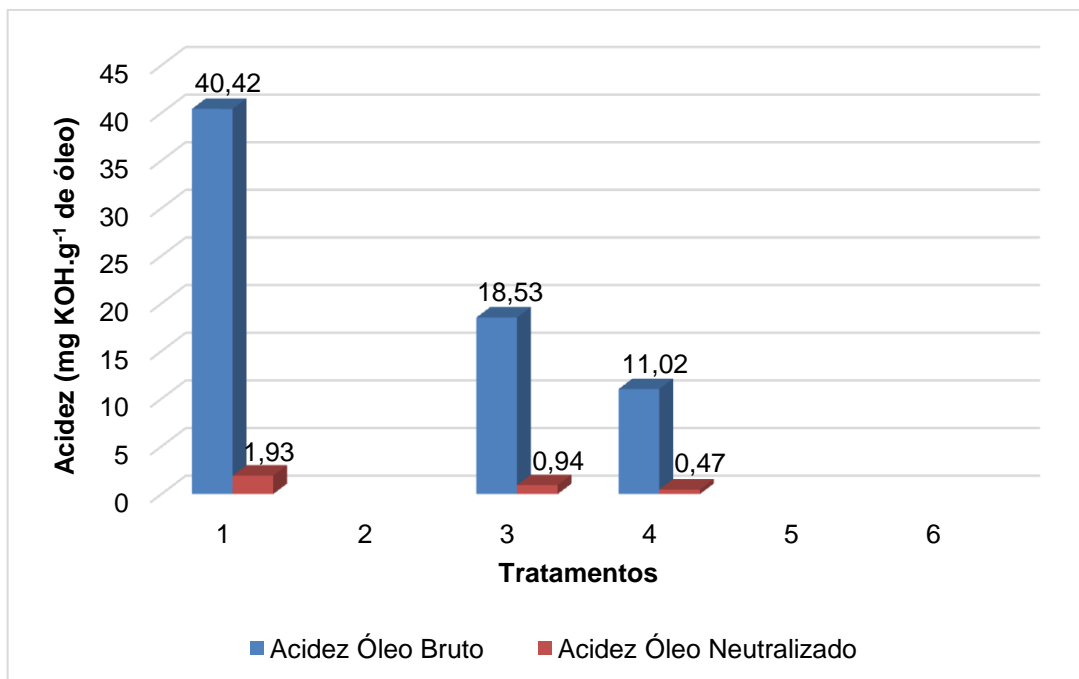


FIGURA 12: Índices de acidez dos óleos neutralizados, expresso em mg KOH.g<sup>-1</sup> óleo

O processo de neutralização se mostrou muito eficiente na redução da acidez, diminuindo todos os índices, o maior índice de 40,42 foi para 1,93 mg de KOH.g<sup>-1</sup> óleo. E ainda reduzindo a acidez do tratamento 4 para 0,47 mg de KOH.g<sup>-1</sup> valor muito parecido com a acidez do óleo de soja, cujo valor médio foi de 0,48 mg de KOH.g<sup>-1</sup> óleo.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para óleos vegetais não possui uma especificação própria para o óleo de pinhão manso, mas todos os resultados de acidez posterior a neutralização se encaixam nos limites de 2 mg de KOH.g<sup>-1</sup> óleo, determinados por essa legislação para outras oleaginosas. Tapanes (2008) afirma que para acidez do óleo de pinhão manso inferior a 1,5 mg KOH.g<sup>-1</sup>, pode-se realizar a transesterificação básica homogênea.

Um grande empecilho do processo de neutralização é o efluente gerado, a água de lavagem, que de acordo com De Boni *et al.* (2007) apresenta-se quimicamente inadequada para ser lançada a qualquer corpo hídrico. Neste sentido a legislação brasileira, particularmente a Resolução 357/2005, CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelece que:



“Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedecem as condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.”

Nesse contexto, a redução da acidez causada pelo maiores tratamentos com ARS, são importantes ainda no processo de neutralização, uma vez que a quantidade de NaOH utilizada para neutralizar menores valores de ácidos graxos livres é proporcionalmente menor, gerando assim uma água de lavagem com menor concentração de solução neutralizante, facilitando o tratamento para posterior descarte.

#### 4.5. IDENTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS

Os resultados dos ésteres de ácidos graxos identificados por cromatografia gasosa se encontram na Tabela 5.

TABELA 5: Principais ácidos graxos encontrados nos seis tratamentos

Ácidos Graxos	Concentração (%)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C14 – Mirístico	-	-	-	-	0,05	0,06
C16:1 – Palmitoleico	0,85	0,83	0,84	0,82	0,96	0,97
C16 – Palmítico	13,94	13,18	13,66	13,21	13,08	13,37
C17:1 – cis hepta	-	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
C17 – Margarico	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
C18:2 – Linolênico	24,73	26,97	25,30	24,26	21,84	20,91
C18:1 – Oleico	52,87	52,70	52,95	55,07	58,22	58,68
C18 – Esteárico	6,27	6,19	6,05	5,55	4,83	4,85
C20:2-1 – Eicosadienoico	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
C20 – Araquídico	0,16	0,15	0,15	0,14	0,12	0,13
C24 – Lignocerato	-	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Não identificados	0,49	0,34	0,44	0,37	0,40	0,53
Total*	99,46	99,69	99,64	99,67	99,74	99,74

\*Total não é igual a 100%, pois foram considerados apenas AG com concentração superior a 0,05%.

Analisando os dados, ficou claro que os tratamentos interferiram diretamente na concentração dos três principais ácidos graxos pertencentes ao grupo C18, reduzindo aproximadamente 1,5% de ácido esteárico, 4% de ácido linolênico e aumentando cerca 6% de ácido oleico.

A Figura 13 evidencia a relação entre a diminuição da acidez e o aumento da concentração de ácido oleico em função dos tratamentos, a produção desse ácido foi favorecida pela diminuição dos outros dois ácidos pertencentes ao mesmo grupo.

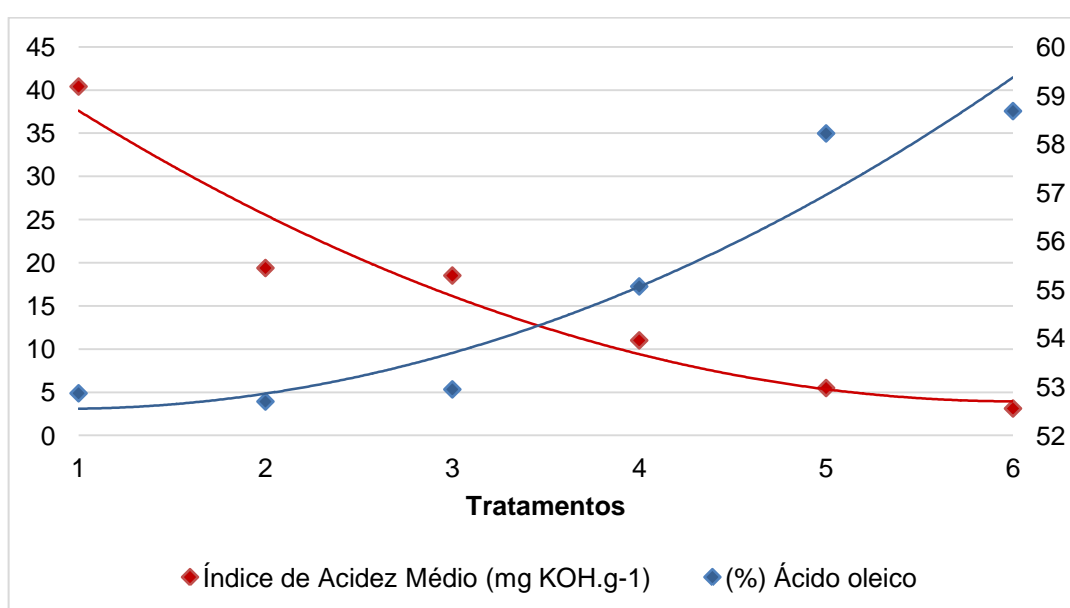


FIGURA 13: Relação entre redução da acidez e aumento da concentração de ácido oleico, em função dos tratamentos

A pouca variação da porcentagem dos principais ácidos graxos no tratamentos T2 e T3, pode ser justificada pela mesma situação de variação entre ambos em relação a acidez.

O trabalho realizado por Sanibal e Mancini Filho (2002), abordou referenciais sobre modificações genéticas de ácidos graxos. Mostraram o estudo do óleo de canola geneticamente modificado com alta concentração de ácido oleico e com diferentes níveis de ácido linolênico (alta, médio e baixa). O óleo com baixa concentração de ácido linolênico foi o que obteve melhor resultado sensorial, melhor nas avaliações de índice de cor, quantidade de ácidos graxos livres (AGL) e

compostos polares. Concluindo que com altas concentrações de ácido oleico e baixas concentrações de ácido linolênico confere ao óleo uma maior estabilidade a oxidação.

A partir desse estudo com o óleo de canola, se torna possível fazer a analogia de que a redução do ácido linolênico, contribuindo para o aumento do ácido oleico, pode ter sido a responsável pela diminuição do índice de acidez causada nos óleos, devido a maior estabilidade e menores quantidades de AGL. Na Figura 14 está a relação direta entre a redução da porcentagem de ácido linolênico e a diminuição da acidez.

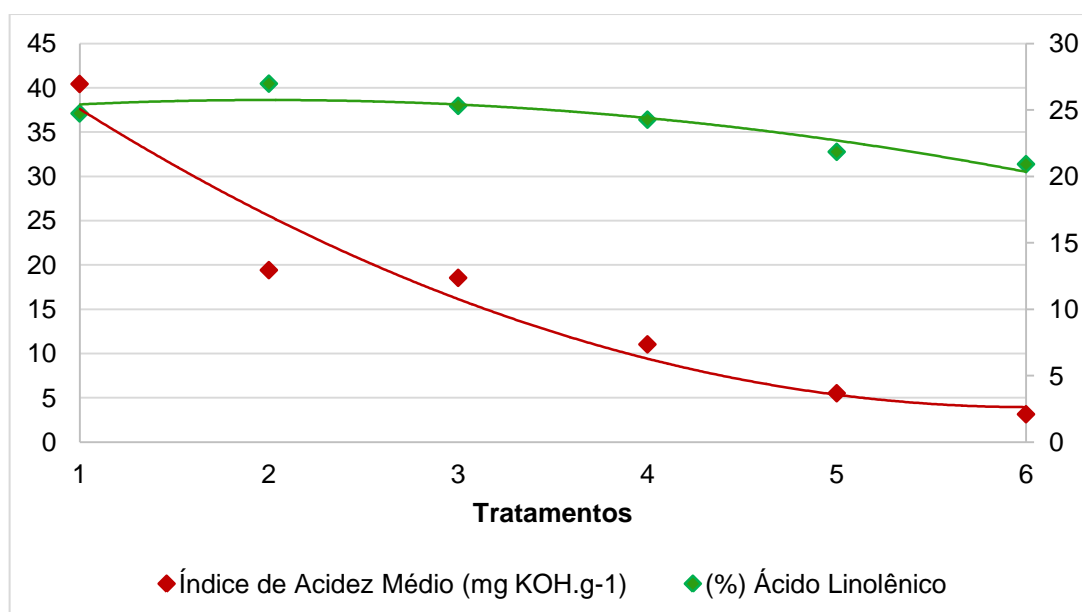


FIGURA 14: Relação entre redução da acidez e a diminuição da concentração de ácido linolênico, em função dos tratamentos

Comparando a composição do óleo do pinhão manso isento de tratamento obtida com demais composições embasadas na literatura (Tabela 6), os resultados se mostram coerentes, onde os principais ácidos graxos são os mesmos e suas porcentagens muito próximas.

TABELA 6: Composição do óleo do pinhão manso de acordo com referências

Referências	Composição (%)				
	Palmítico	Palmitoleico	Estearico	Oleico	Linolênico
BASTOS <i>et al.</i> (2013)	13,9	0,8	6,3	52,9	24,7
KANDPAL e MADAN (1995)	12,8	-	7,3	44,8	34
AKINTAYO (2003)	19,5	-	6,8	41,3	31,4
KPOVIESSE <i>et al.</i> (2004)	14,6	0,8	7,4	47,5	28,7
MARTÍNEZ- HERRERA <i>et al.</i> (2006)	10,5-13,0	-	2,3-2,8	41,5-48,8	36,6-44,4
MELO <i>et al.</i> (2006)	16,4	0,9	5,4	40,3	37

Fonte: Adaptado de Pereira (2009)

## 5. CONCLUSÕES

No trabalho observou-se um decréscimo da acidez do óleo do pinhão manso proporcional ao aumento da quantidade de água residuária de suinocultura aplicada a cultura.

Os maiores volumes de ARS aplicados favoreceram a redução na concentração de ácido linolênico no óleo de pinhão manso, tal fato pode ser responsável pela redução da acidez, uma vez que a menor porcentagem de ácido linolênico confere maior estabilidade a oxidação e conseqüentemente, menor quantidade de ácido graxo livre no óleo.

Com o resultado obtido ficou evidente a necessidade da elaboração de estudos aprofundados visando principalmente à confirmação dos dados e respostas ao ocorrido.

Ressaltando ainda o ganho ambiental gerado pelo destino menos impactante da ARS quando comparada à comuns práticas de disposição. E a viabilização do uso do óleo do pinhão manso com menor acidez para produção de biodiesel.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABA – ANUÁRIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA. **Pinhão manso**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, p. 520, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **ANP**. Resolução Nº 14, de 11.5.2012 – DOU 18.5.2012. Disponível em: <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 22/05/2013.

AKINTAYO, E. T. Characteristics and composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. **Bioresource Technology**, v. 92, Issue 3, p. 307-310, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: **American Public Health Association**, 20 ed., 1998. p.1193.

ANTONIOSI FILHO, N. R; LANÇAS, F. M. **Journal of High Resolution Chromatography**, 18:167-170, 2005.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 02/07/2013.

ARAÚJO, L. G; SOUSA, K. C. I. Pinhão manso para produção de biodiesel. **Revista Anhanguera**. v.9 n.1. p.95-119, 2008.

ARRUDA, F. P; BELTRÃO, N. E. M; ANDRADE, A. P; PEREIRA, W. E; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

BELLINGIERI, P. H. **Avaliação de impactos em água subterrânea e solo, pela prática de disposição de efluente desinfetado de lagoa anaeróbia na agricultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BLEY JÚNIOR, C. J. **Manual de gestão ambiental na suinocultura**. Curitiba: SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. 164 p.

BUENO, L. R. S. **Estudo da influência da composição do óleo vegetal sobre algumas propriedades do biodiesel**. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica do Paraná, Curitiba – PR, 2007.

CARDOSO, L. M; VIDAL, A. S. C; BALEEIRO, M. A. A; MAGALHÃES FILHO, L. N; SILVEIRA, M. A; DANTAS FILHO, F; GALLO, L. F. P; CASTRO, G. D; PICKLER, A. C; VIEIRA, G. E. G. **Determinação quantitativa do índice de acidez e saponificação em óleo e biodiesel de *orbignya speciosa* - aplicação como**

**indicadores reacionais.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS. Embrapa, Teresina – PI, 2007. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agroenergia/trabalhos/023.PDF>>. Acesso em: 12/07/2013.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro.** 2003. Artigo disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>>. Acesso em: 29/04/2013.

CARVALHO, L. C. C. **Álcool do Brasil: energia limpa e renovável.** **Agroanalysis**, São Paulo, FGV, v. 21, n. 9, 2001.

CAVALLET, L. E; LUCCHESI, L. A. C; MORAES, A. de; SCHIMIDT, E; PERONDI, M. A.; FONSECA, R. A. da. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.724–729, 2006.

CONAMA. Resolução 357/2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02/07/2013.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas.** Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

DE BONI, L. A. B; GOLDANI, E; MILCHAREK, C. D; SANTOS, F. A. DOS. Tratamento Físico-Químico da Água de Lavagem Proveniente da Purificação do Biodiesel. **Periódico Tchê Química**. vol. 4 – n. 7. Porto Alegre – RS, 2007.

DIAS, L. A. S; LEME, L. P; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L; CARVALHO, M; MANFIO, C. E; SANTOS, A. S; SOUSA, L. C. A; OLIVEIRA, T. S; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível.** Viçosa, MG, 2007. v.1. 40p.

DRUMOND, M. A; ARRUDA, F. P; ANJOS, J. B. **Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.).** Embrapa Semi-Árido. Documentos online, Petrolina-PE, 2008.

DRUMOND, M. A; SANTOS, C. A. F; OLIVEIRA, V. R; MARTINS, J. C; ANJOS, J. B; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no semi árido pernambucano. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n.1, 2009.

EGUIA, M. T. J. **Pinhão manso e biodiesel.** In: SEMINÁRIO POTENCIAL DO PINHÃO- MANSO PARA O PROGRAMA NACIONAL DE BIODIESEL, Brasília – DF. Seminário. UnB, 2006.

EMBRAPA Semi-Árido. **Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.).** Documentos online, 2008. Disponível em: <[http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/SDC212.pdf](http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC212.pdf)>. Acesso em: 19/06/2013.

FACTOR, T. L; ARAÚJO, J. A. C. de; VILELLA, L. V. E. J. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143–149, 2008.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL, FAEPE, 1994. p. 227.

FELIZARDO, P. CORREIA, M. J. N; RAPOSO, I; MENDES, J. F; BERKEMEIER, R; BORDADO, J, M. **Production of biodiesel from waste frying oils**. Waste Management. p. 487- 496, 2006.

GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenagem e valorização dos dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 1997.

GRANT, C. A; FLATEN, D. N; TOMASIEWICZ, D. J; SHEPPARD, S. C. **A importância do fosforo no desenvolvimento inicial da planta**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 2001. Disponível em: <[http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5$FILE/Page1-5-95.pdf)>. Acesso em: 02/05/2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

KANDPAL, J. B; MADAN, M. *Jatropha curcas*: a renewable source of energy for meeting future energy needs. **Enewable Energy**, Pergamon-Elsevier Science LTD, v.6 Issue 2 p. 59-160, 1995.

KPOVIESSI, D. S. S; MOUDACHIROU, M; SOUMANOU, M. M; KOSSOUOH, C; ACCROMBESSI, G. C. Propriétés physico-chimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Benin. **Comptes Rendus Chimie**, v.7, Issues 10-11, p. 1007-1012, 2004.

LAVIOLA, B. G; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1969-1975, 2008.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; SANTOS, E.J.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1033-1044, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ-HERRERA, J; SIDDHURAJU, P; FRANCIS, G. Chemical composition, toxic/ant metabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. **Food Chemistry**, v. 96, p.80-89, 2006.

MARTINS, G. I. **Potencial de extração de óleo de peixe para produção de biodiesel**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel – PR, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-graduação em Energia na Agricultura, 2012.



MEDEIROS, S. S. de; SOARES, A. A; FERREIRA, P. A; NEVES, J. C. L; SOUZA, J. A. de. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.109-115, 2008.

MELO, J. C; STRAGEVITCH, L; PACHECO FILHO, J. G. A.; BRANDER JR, W; CAMPOS, R. J. A; SCHULER, A. R. P. **Avaliação Preliminar do Potencial do Pinhão Manso para a Produção de Biodiesel**. In: I CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, Brasília, 2006. v. 2. p. 198-203.

MENGEL, K; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. International. Potash Institute, 1982. p.687.

MERCK. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos: Etanol absoluto**. São Paulo: Merck, 2006. p.6.

MUNCH, E.; KIEGER, J.F. Purging nut (*Jatropha curcas* L.) multiple use plant as source of fuel in the future. **Schriftenreihe der Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Stuttgart**, v. 209, n.1, 1989, p.32.

NETO, P. R. N; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação do óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

OLIVEIRA, A. D; FILHO, J. G. P; STRAGEVITC, L; CARVALHO, R. S. L; BARROS, L. S. **Biodiesel do óleo de pinhão manso degomado por esterificação**. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, João Pessoa - PB, 2010.

OLIVEIRA, D. S; FONSECA, X. D. S; FARIAS, P. N; BEZERRA, V. S; PINTO, C. H. C; SOUZA, L. D; SANTOS, A. G. G; MATIAS, L. G. O. Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *moringa oleífera*. *Lam. Revista HOLOS*. Ano 28, v.1, p.49-61, 2012.

OLIVEIRA, W. **Uso de água residuária de suinocultura em pastagens da *Brachiaria Decumbers* e Grama Estrela *Cynodom Plesctostachym***. Piracicaba, 2006. 104p.

PANDOLFO, C.M.; VEIGA, M.; CERETTA, C. A. **Alterações em características químicas do solo, em cinco sistemas de manejo, com aplicação de diferentes fontes de nutrientes**. FERTBIO 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/02.pdf>>. Acesso em: 21/05/2013.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado, Fortaleza, 2004.

PEDROSO, L. R. M; DERSCH, P. M; CAVALCANTI, E. H. S; BARRETO, A. J. B; FERREIRA, J. L. P; MOURA, B, S; MENDES, F; PINTO, C. L. S. **Extração e caracterização do óleo do pinhão manso obtido a partir de plantio em Resende – RJ.** In: 4º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS E OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Belo Horizonte, 2010. v. 2. p. 675.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas.** São Paulo, Nobel, 1973. p. 283.

PENHA, M. DA N. C; SILVA, M. D. P; MENDONÇA, K. K. M; BRANDÃO, K. S. R; MACIEL, A. P; SILVA, F. C. **Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) cultivado no Maranhão.** Maranhão, 2007. Disponível em: <<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/CARACTERIZACIONFISICO-QUIMICA-BRASIL.pdf>>. Acesso em: 03/06/2013.

PEREIRA, C. S. S. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do Óleo do Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia. Seropédica, RJ, 2009.

PEREIRA, E. R. **Desenvolvimento de um sistema especialista para o manejo de efluentes das cadeias avícola e suinícola.** 82p. Relatório Final (Pós – Doutorado), Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

PRATES, F. B. S. **Crescimento, desenvolvimento e nutrição de pinhão manso adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Ciências Agrárias do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2010.

PREZOTTI, L.C. **Fertilização do cafeeiro.** In: ZAMBOLIM, L. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.607-615. 2001.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos,** São Caetano do Sul: IMT, p.194. 2004.

RINALDI, R; GARCIA, C; MARCINIUK, L. L; ROSSI, A. V; SCHUCHARDT, U. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova,** Campinas, v. 30, n. 5, p. 1374-1380. 2007.

SALUM, A; MIRANDA, T. L. S; FREITAS, R. F. S; COSTA, A. L. B. C; VIEGAS, C. C. B; PIMENTA, I. A; PAIVA, P. C; SANTOS, P. I. A; SALUM, S. B. **Extração e caracterização do óleo de pinhão manso.** In: 4º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS E OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Belo Horizonte, 2010. v. 2. p. 829.

SANIBAL, A. A. E.; MANCINI FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingred. South American**, [S.l.], v. 18, p. 64-71, 2002.

SANTOS, V. M; PIMENTEL, R. M. A; RIBEIRO, E. B; SOUZA, Z. C; SOABRES, B. O. **Desenvolvimento de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. Anais Completos. Montes Claros: UFLA, 2009. p. 3448-3454.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.26. n.229. p.44-78. 2005.

SCHERER, E. E. **Utilização de esterco de suínos como fonte de nitrogênio: bases para adubação dos sistemas milho/feijão e feijão/milho, em cultivos de sucessão**. EPAGRI, Florianópolis, 1999.

SEGANFREDO, M.A.; SOARES, I.J.; KLEIN, C.S. Qualidade da água de rios em regiões suinícolas do município de Jaborá SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS, 1, 2003, Goiânia. **Anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003, CD Rom. SEMA/IAP/FUNPAR, 2003. 164 p.

SILVA, A. A. F, da. **Parâmetro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) adubado com dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, 2013.

SILVA, A. E. **Estudo do processo enzimático de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais de fritura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

SILVA, L. L. **Estudos de óleos residuais oriundos de processo de fritura e qualificação desses para obtenção de monoésteres (biodiesel)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

SILVA, P. R. C. Agricultura e pecuária: biodiesel de *Jatropha curcas* L. **Serviço brasileiro de respostas técnicas**. Bahia, 2006. Disponível em :<<http://sbrrt.ibict.br>> Acesso em: 03/06/2013.

SMANHOTTO, A. **Aplicação de água residuária tratada de suinocultura em solo cultivado com soja**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP- Campus de Botucatu, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, 2008.

SOARES, B. O. **Correlação entre produtividade e teor de óleo em *Jatropha curcas***. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO MANSO, Brasília, 2009.

SOUZA, J. A. R; FERREIRA, P. A; MATOS, A. T; MOREIRA, D. A. Nutrição de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, 2010, v.18, n.1, p.40-49.

TAPANES, N. C. O. **Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleo de pinhão manso (*Jatropha Curcas* LIN): estudo teórico e experimental**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química), Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2008.

TEIXEIRA, L. C. **Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel**. Informe Agropecuário, v.26, n. 229, p.18-27, 2005.

TOMAZIN JUNIOR, C. **Extração de óleo de soja com etanol e transesterificação etílica na micela**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Química na Agricultura e no Ambiente. Piracicaba, 2008.

VELHO, V, F. **Utilização de reservatórios de estabilização para polimento e reuso de efluente proveniente de sistema de tratamento de dejetos suínos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2011.