



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA
Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento – UATEC
Curso de Engenharia de Biosistemas

ORLANDIA BRAZ DA SILVA SOUZA

**CULTIVO DE MAMONA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE
LATÍCINIO E ADUBADA COM COMPOSTOS ORGÂNICOS: UMA
PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE**

SUMÉ – PARAÍBA
MARÇO - 2015

ORLANDIA BRAZ DA SILVA SOUZA

**CULTIVO DE MAMONA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE
LATÍCINIO E ADUBADA COM COMPOSTOS ORGÂNICOS: UMA
PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheira de Biosistemas.

ORIENTADORA:

Profª Drª JOELMA SALES DOS SANTOS – UFCG/CDSA

SUMÉ – PARAÍBA

MARÇO – 2015

S729c Souza, Orândia Braz da Silva.

Cultivo de mamona irrigada com água residuária de laticínio e adubada com compostos orgânicos: uma proposta de sustentabilidade. / Orândia Braz da Silva Souza. - Sumé - PB: [s.n], 2015.

38 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Joelma Sales dos Santos.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Cultura agrícola. 2. Sustentabilidade. 3. Mamona – Cultivo. 4. Adubo. I. Título.

CDU: 633.85

(043.3)



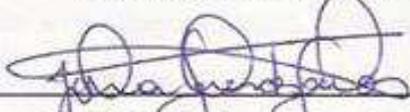
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

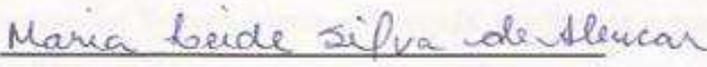
ORLANDIA BRAZ DA SILVA SOUZA

**CULTIVO DE MAMONA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE
LATÍCINIO E ADUBADA COM COMPOSTOS ORGÂNICOS: UMA
PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE**

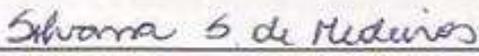
BANCA EXAMINADORA:



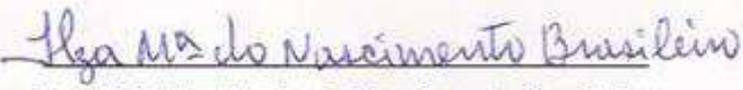
Prof.ª Dr.ª Joelma Sales dos Santos
Orientadora – CDSA/UFCG



Prof.ª Dr.ª Maria Leide Silva de Alencar
Examinadora interna – CDSA/UFCG



Dr.ª Silvana Silva de Medeiros
Examinadora externa – PPGEAg/UFCG



Prof.ª Dr.ª Ilza Maria do Nascimento Brasileiro
Examinadora interna – CDSA/UFCG

Aprovado em: 23 de março de 2015.
5

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus que tanto me amparou em momentos de aflição, me concedendo disposição, saúde e coragem necessária para ultrapassar os obstáculos desta caminhada e pela certeza de que em todos os momentos ele está ao meu lado.

A minha mãe Maria Juracy pelo carinho e atenção ainda que distante ao meu pai Osvaldo aos meus avós pelo carinho, aos meus irmãos Osvaldo Júnior, José Leandro e Ricardo Rafael pelo apoio moral e por acreditarem em mim e aos amigos que me ouviram e me deram bons conselhos.

A minha filha e esposo pela paciência e compreensão na hora das falhas e ausência.

A minha orientadora Dr^a Joelma Sales dos Santos pela orientação, dedicação, paciência, amizade, fornecimento de material bibliográfico e pela contribuição incalculável para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Um simples obrigado não é suficiente para agradecer pela ajuda não só na concretização deste trabalho, mas por me fazer superar as minhas limitações que foram inúmeras e as dificuldades durante o percurso. Meu sincero Obrigado.

Aos meus amigos e amigas do curso de Engenharia de Biosistemas pela interação nos grupos de estudos em especial Suayra Marta pela ajuda acadêmica e por estar por perto em momentos felizes e nas dificuldades.

Por fim, agradeço a todos os professores do curso de Engenharia de Biosistemas da UFCG do campus de Sumé com os quais tive o prazer de estudar, todos de alguma forma, me ajudaram não apenas com o conteúdo exigido pelo curso, mas pelo ensinamento que irei levar para a vida.

CULTIVO DE MAMONA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATÍCÍNIO E ADUBADA COM COMPOSTOS ORGÂNICOS: UMA PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE

RESUMO: A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa importante devido seu potencial extrativista advindos de suas sementes das quais se extraem óleo de excelentes propriedades. É uma planta resistente a altas temperaturas e ao déficit hídrico, porém exigente em fertilidade, necessitando, portanto de quantidades significativas de nutrientes para produção de grãos e para a síntese do óleo e proteínas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação orgânica e da irrigação com água residuária doméstica no desenvolvimento da mamona BRS energia. Para isto, plantas de mamona foram cultivadas em ambiente protegido, em vasos, submetidas a tratamentos que resultaram da combinação fatorial de quatro substratos (solo, esterco bovino, esterco caprino e compostagem) e duas qualidades de água de irrigação (água de poço artesiano e água residuária de laticínio). O efeito da adubação e da irrigação foram avaliados por meio da determinação das variáveis de crescimento. Foi possível concluir que a irrigação com água residuária de laticínio contribuiu para aumentar a área foliar, altura da planta, diâmetro caulinar e número de folhas nas plantas de mamona. As plantas adubadas com esterco bovino foram as que apresentaram melhores desenvolvimentos, seguidas pelas que receberam compostagem e esterco de caprinos.

Palavras-chave: adubação orgânica, reúso, irrigação.

CASTOR GROWING WITH IRRIGATED DAIRY WASTEWATER FERTILIZED IN WITH ORGANIC COMPOUNDS: A SUSTAINABILITY PROPOSAL

ABSTRACT: The castor bean (*Ricinus communis* L.) is an important oilseed because their advidos extractive potential of the seeds of which are extracted from oil excellent properties. It is a resistant to high temperatures and drought, but demanding in plant fertility, requiring therefore significant amounts of nutrients for yield and for the synthesis of oil and protein. This study aimed to evaluate the effect of organic fertilizer and irrigation with domestic wastewater in the development of castor BRS energy. For this, castor bean plants were grown in a greenhouse in pots, subjected to treatments that consisted of a factorial combination of four substrates (soil, manure, goat manure and compost) and two irrigation water qualities (artesian water and wastewater dairy). The effect of fertilization and irrigation were evaluated by determining the growth variables. It was concluded that irrigation with wastewater from dairy contributed to increased leaf area, plant height, stem diameter and number of leaves in castor bean plants. Plants fertilized with cattle manure showed the best developments, followed by receiving compost and manure goats.

Keywords: organic manure, reuse, irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Vista geral do ambiente protegido.....	18
Figura 2	Vista geral da disposição dos vasos	19
Figura 3	Unidade experimental	19
Figura 4	Início da germinação e plantas com 5 dias após a germinação.....	21

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Análise dos atributos químicos do solo utilizado no preenchimento dos vasos	20
Quadro 2	Análises físico-química das águas utilizadas nas irrigações das unidades experimentais	22
Tabela 1	Resumo da análise de variância referente à variável altura da planta (AP) relativo aos dados obtidos até os 75 dias após a emergência (DAE) da cultivar de mamona BRS Energia	24
Tabela 2	Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro da planta (DP) relativo aos dados obtidos até os 75 dias após a emergência (DAE) da cultivar de mamona BRS Energia	26
Tabela 3	Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas (NF) relativo aos dados obtidos até os 75 dias após a emergência (DAE) da cultivar de mamona BRS Energia	28
Tabela 4	Resumo da análise de variância referente à variável área da planta (DP) relativo aos dados obtidos até os 75 dias após a emergência (DAE) da cultivar de mamona BRS Energia	29

LISTA DE SIGLAS

AF	Área Foliar
AP	Altura da Planta
CDSA	Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
DAE	Dias Após a Emergência
DAG	Dias Após a Germinação
DAS	Dias Após a Semeadura
DP	Diâmetro da Planta
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LIS	Laboratório de Irrigação e Salinidade
OMS	Órgão Mundial de Saúde
NF	Número das Folhas
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Cultivo da mamona.....	12
2.2 Uso de Adubação Orgânica na Agricultura.....	12
2.3 A Água e seu Reuso na Agricultura	14
2.4 Água Residuária de Laticínio	15
2.5 Limitações do uso das Águas Residuárias.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e Clima	18
3.2 Delineamento estatístico.....	18
3.3 Confeção das unidades experimentais	19
3.4 Solo utilizado.....	20
3.5 Substratos orgânicos utilizados no preenchimento dos vasos	20
3.6 Cultura utilizada e tratamentos culturais	21
3.7 Caracterização química das águas de irrigação	22
3.8 Irrigação das unidades experimentais.....	22
3.9 Variáveis analisadas no cultivo da mamona.....	23
3.9.1 Análise estatística dos dados	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Variáveis de crescimento das plantas de mamona.....	24
4.1.1 Altura das plantas	24
4.1.2 Diâmetro das plantas	25
4.1.3 Número de folhas	27
4.1.4 Área Foliar.....	29
5 CONCLUSÃO.....	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

A demanda por recursos naturais tem sido intensificada pelo aumento da população mundial, que hoje ultrapassa a marca de 7 bilhões de pessoas no planeta. As necessidades imediatas para a sobrevivência vão desde o consumo por tecnologia, sendo a necessidade por água e alimentos as maiores e mais desafiadoras.

Em todo o planeta 6,8 bilhões de pessoas geram, diariamente, cerca de três milhões de toneladas de resíduos sólidos das mais variadas naturezas, sem contar os resíduos industriais e os rejeitos de mineração, praticamente incalculáveis. Os subprodutos agroindustriais representam parcela significativa deste montante e são provenientes de diversas atividades, como usinas sucroalcooleiras (bagaço, vinhaça), criatórios de animais em confinamento (estercos), matadouros e indústrias do processamento de carnes (vísceras e carcaça de animais), indústria de processamento de frutas e hortaliças (bagaço, tortas, refugo e restos), indústria da celulose e papel (resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias), curtumes (aparas de couro), indústrias de produção de biodiesel (tortas, bagaços), além dos resíduos do cultivo agrícola (Matos, 2005).

Em todo o mundo tem-se estudado formas viáveis de reaproveitar esses resíduos, líquidos e sólidos, nas mais diversas atividades e a agricultura tem sido uma das atividades que têm mostrado potencial uma vez que além de nutrientes esses resíduos são fontes de água.

No Brasil, embora a prática de reúso de águas servidas ainda seja pequena, registram-se vários exemplos de utilização de águas residuárias para irrigação, em geral de forma espontânea e não controlada (BASTOS, 2003). A utilização das águas residuárias pode ser uma alternativa importante para a economia e gestão dos recursos hídricos, pois libera as águas potáveis para consumo humano e torna possível o aproveitamento do potencial hídrico e dos nutrientes das águas servidas para o desenvolvimento de diversas espécies vegetais (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O reaproveitamento de resíduos orgânicos tanto da atividade agrícola como da industrial é uma alternativa para reduzir os custos na agricultura, além de diminuir o consumo das reservas naturais de nutrientes com a restrição de fertilizantes químicos. Outra fonte de nutrientes, além dos resíduos orgânicos, são as águas residuárias oriundas de esgoto doméstico. Além da reciclagem de nutrientes, uma vez descartados e reutilizados, o reúso da água surge como uma gama de vantagens que vai do uso de efluentes na agricultura, economia de água de qualidade superior, chegando ao ponto de controlar a poluição em

corpos hídricos receptores e do processo de eutrofização (PAPADOPOULOS et al., 2004; TOZE, 2006).

Assim, a substituição de água de melhor qualidade por águas de qualidade inferior possibilita uma economia de água potável, aumentando assim a disponibilidade de recursos hídricos para finalidades que requerem melhores padrões de qualidade (SILVA, 2007).

Neste contexto, diversos estudos priorizam o reúso em culturas arbóreas e menos exigentes, tais como algodão, girassol e mamona. Essas duas últimas se têm destacado devido à atual conjuntura econômica, estimulando a produção de biodiesel como fonte alternativa de energia (HOLANDA, 2004).

O crescente interesse pelo cultivo da mamona se justifica, pois ela é fonte de matéria-prima para vários processos industriais, dentre eles o da produção de biodiesel, produto da reação do óleo de mamona com um álcool reagente, na presença de um agente catalisador (SOUZA et al., 2010).

A produção de espécies com potencial para a geração de energia associado ao reúso de águas servidas pode facilitar o desenvolvimento de diversas atividades produtivas em regiões áridas e semiáridas do mundo, favorecendo a redução de problemas ambientais e a geração de renda para pequenos produtores rurais.

Diante da atualidade e relevância desta temática objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o desenvolvimento da mamona BRS energia, adubada com adubação orgânica e irrigada com água residuária de laticínio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo da mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) é oriunda da Etiópia e gradativamente disseminada para a África do Sul, região do Mediterrâneo e regiões mais quentes da Ásia (GARCIA-GONZALEZ et al., 1999). É cultivada em diferentes regiões do mundo, tendo valor econômico tanto no Brasil como no exterior. É uma planta rústica, porém, é uma cultura que não tolera a salinidade do solo (BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

É uma oleaginosa de elevada complexidade morfológica e fisiológica, com crescimento diferenciado em cada ramo, dicotômico e heterogônico, com cachos de várias idades fisiológicas, possuindo desenvolvimento heteroblástico e metabolismo fotossintético C3, tratando-se de uma planta rústica, da família das Euforbiaceas, bastante tolerante à seca, e exigente em radiação solar e luminosidade (CARVALHO, 2005).

Tem altura por volta de 2,5 metros, mas pode alcançar 12 metros. Suas folhas são grandes, com coloração verde avermelhada, podendo variar a tonalidade, possui entre 15 e 30 cm de largura, formato de palma com 5 a 11 lóbulos serrados (OLIVEIRA et al., 2007 apud FRIEDMAN et al., 2010).

Seus frutos, segundo Beltrão et al. (2001), são cápsulas tricocas, geralmente compostos de três sementes, podendo ser lisas ou com estruturas semelhantes a espinhos, denominadas acúleos.

Atualmente é considerada uma oleaginosa de alto valor industrial, haja vista que o óleo extraído de suas sementes é matéria-prima para várias indústrias, com destaque para a produção de biodiesel (SOUZA et al., 2010). Produz quantidade considerável de biomassa (20 ton.ha⁻¹), as folhas podem servir de alimento para o bicho da seda as hastes contêm celulose para fabricação de papel e das sementes, são obtidos óleo e torta rica em proteína (CAVALCANTI et. al., 2005).

2.2 Uso de Adubação Orgânica na Agricultura

Desde o início da prática da agricultura pelo homem os adubos orgânicos foram utilizados para manter e aumentar a fertilidade do solo e, conseqüentemente assegurar produções agrícolas, pela reposição, ao menos parcial, dos nutrientes extraídos do solo.

Em geral, os adubos orgânicos são adicionados ao solo por incorporação antes do plantio e, após sua mineralização, esses compostos liberam nutrientes que poderão ser absorvidos pelas culturas, contribuindo para sua nutrição. De acordo com Kiehl (1985), a matéria orgânica constitui importante fonte alternativa de nutrientes para as plantas, pois permite fornecer, a estas, todos os macro e micronutrientes dos quais necessitam para seu pleno crescimento e desenvolvimento.

Ademais, a aplicação de adubos orgânicos propicia uma significativa melhoria nas características físicas dos solos. Pode-se citar como exemplo, o aumento da aeração, da disponibilidade de água no solo e a melhoria da agregação das partículas, aspectos estes que auxiliam no controle dos processos erosivos e de degradação dos solos (DRINKWATER et al., 1995). A adubação orgânica está também associada a outros efeitos benéficos tais como o incremento da matéria orgânica do solo e da atividade dos microrganismos benéficos, a maior disponibilização de nutrientes, o aumento da capacidade de troca de cátions e a redução na população de patógenos, além da estabilização do pH (LIMA, 2001; BULLUCK et al., 2002).

A matéria orgânica do solo é considerada como um dos mais importantes indicadores da qualidade do solo, uma vez que, ela é essencial nos processos produtivos e na diversidade biológica. Portanto, a adubação orgânica é uma componente chave para manutenção da qualidade dos solos e, como consequência, para sustentabilidade dos sistemas produtivos em médio e longo prazo (SILVA e MENDONÇA, 2007). No entanto, é de fundamental importância a utilização dos adubos orgânicos tanto para a produtividade das culturas como para a qualidade dos produtos obtidos, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica.

Para Weinärtner et al, (2006), o adubo orgânico se apresenta em forma coloidal, podendo influenciar nas propriedades do solo, melhorando sua estrutura, reduzindo a plasticidade e coesão, aumentando a capacidade de retenção de água, amenizando a variação da temperatura, aumentando a capacidade de trocas catiônicas, atuando como quelato, e como uma rica fonte de nutriente.

Os materiais orgânicos usados para fins de adubação podem ser de procedência animal, como os esterco; vegetal, como a casca de arroz e o bagaço de cana; constituem resíduos da agroindústria, como a vinhaça, a torta de mamona e a torta de filtro ou, ainda, outras espécies de resíduos, como o lodo de esgoto e outros resíduos domésticos. E o reaproveitamento desses resíduos na forma de adubos pode ser ou não associado à fertilização química e aplicado a atividades diversas que incluem desde a formação de mudas frutíferas até o cultivo de olerícolas ou grandes culturas (SILVA, 2010).

A rentabilidade é o principal objetivo de uma empresa agrícola, sendo diretamente influenciada pelo uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção (SILVA et al., 2008). Portanto, qualquer resíduo gerado, independente da sua destinação e composição, a partir de uma atividade, deve ser reutilizado e servir de matéria-prima para outras atividades, maximizando as perdas e auxiliando na diminuição dos danos causados pela destinação inadequada.

Segundo a Instrução Normativa de Nº 007, de 17 de maio de 1999, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a manutenção da matéria orgânica do solo é de grande relevância em atividades com produção orgânica, visto que, é permitido o uso de adubos e condicionadores de solos obtidos na própria unidade de produção (desde que livres de contaminantes), restos orgânicos e esterco (sólidos ou líquidos), ou obtidos fora da unidade de produção, desde que autorizados pela certificadora, na produção de alimentos orgânicos.

Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem ao melhor conhecimento da composição química e da persistência dos compostos orgânicos no solo, a fim de potencializar e difundir seus usos como biofertilizante.

2.3 A Água e seu Reuso na Agricultura

A água mostra-se como tema para grandes preocupações nos dias atuais pelo elevado desperdício, bem como pela qualidade, que está sendo progressivamente prejudicada por influência humana (BRITO et al., 2012), tornando o emprego em sua forma potável inviável para irrigação. A causa pode ser atribuída as secas prolongadas, escassez de chuvas e o uso inconsequente deste recurso. Devido a isto muitos países estão procurando por fontes alternativas para irrigar as culturas. Uma prática cada vez mais popular é o reúso da água (MACHADO, 2004; MUYEN et al., 2011).

Nas regiões áridas e semiáridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar à pequena disponibilidade hídrica ainda disponível. No polígono das secas do nordeste, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio que já existe há aproximadamente 80 anos, com vista a transposição do Rio São Francisco, visando o atendimento da demanda dos estados não riparianos, da região semiárida, situados ao norte e leste de sua bacia drenada (LOPES, 2013).

De acordo com Mancuso et al. (2003), o conceito de reúso de água se constitui num conjunto de processos e operações, caracterizados como sedimentação, desinfecção e

filtração, passíveis de serem realizados isoladamente ou por meios de várias combinações, obtendo-se maior ou menor grau de tratamento, tornando, então, possível a reutilização da água.

Hespanhol et al. (2001), relata que a reutilização da água para irrigação é uma prática amplamente estudada e recomendada, por diversos pesquisadores, em todo o mundo, como alternativa viável para suprir as necessidades hídricas, e em grande parte, nutricional das plantas.

A razão para esta popularidade pode se atribuir ao volume estável de água disponível para a irrigação durante o ano inteiro do material orgânico e outros nutrientes presentes nessas águas além da possibilidade de minimizar o uso de águas potáveis para irrigação. Sandri (2007), disse que essas águas quando usadas na agricultura, servem como fonte extra de nutrientes reduzindo os custos com adubação química, auxiliando no desenvolvimento da cultura e promovendo incremento na produtividade das culturas.

Assim, o aproveitamento de águas residuárias pela irrigação é um dos métodos mais recomendados (FONSECA et al., 2007; PIVELI et al., 2008), pois garante a produtividade das culturas, em razão do fornecimento de água e nutrientes (LEAL et al., 2009), o que garante que o uso planejado de águas residuárias é uma estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural em seus aspectos qualitativos e quantitativos, pois implica na necessidade de menor captação dos recursos hídricos primários e de geração reduzida de efluentes (MEDEIROS et al., 2007).

Araújo (2000), diz que o reuso pode ser: Reuso indireto planejado da água e Reuso direto planejado das águas. Em ambos os casos quando se reutiliza as águas é necessário ter total conhecimento de suas características físicas, químicas e microbiológicas. Para facilitar na escolha de atividades em que estas águas poderão ser empregadas, evitando malefícios aos que dela usufruem (DUARTE, 2002).

2.4 Água Residuária de Laticínio

A atividade da indústria de laticínios representa grande importância na economia mundial situando-se o Brasil, em 2011, como terceiro maior produtor, com 32,1 bilhões de litros de leite (IBGE, 2011). Estima-se que cada litro de leite processado pode gerar até dez litros de efluente, os quais são enviados às estações de tratamento (VOURCH et al., 2008).

Segundo Silva et al., (2013) apud Santos (2004), o aproveitamento de águas oriundas de laticínios constitui-se de uma prática de reuso da água e de preservação da

qualidade dos recursos hídricos, trazendo benefícios como a contribuição para a nutrição de culturas agrícolas e florestais, a presença de elementos essenciais às plantas e redução na quantidade de fertilizantes químicos utilizados nos combates as pragas e doenças.

Segundo Brião (2007), as águas servidas geradas na higienização que ocorrem no processamento do leite, são compostas por gorduras, carboidratos (lactose, principalmente) e proteínas, sobretudo, caseínas, que quando lançados diretamente nos corpos hídricos, passam a serem contaminantes diretos.

Os poluentes inorgânicos, em especial o nitrogênio e o fósforo, são gerados em grandes quantidades em processadoras de laticínios uma vez que o leite possui cerca de 3% de proteínas e 1000 mg L^{-1} de fósforo (Brião, 2007).

A utilização de águas residuárias de laticínios na agricultura é uma alternativa para controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, além da disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, ciclagem de nutrientes e aumento na produção agrícola (Matos, 2010). No entanto, as águas de reuso provenientes de laticínios são fontes de matéria orgânica e nutrientes minerais e, podem contribuir para o aumento na produção de alimentos e na melhoria da qualidade ambiental.

2.5 Limitações do uso das Águas Residuárias

Sistemas de reuso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, (HESPANHOL, 2003). Porém, as águas de irrigação de modo geral, devem ser analisadas em relação à concentração total de sais (salinidade), à proporção de sódio em relação a outros cátions (permeabilidade do solo), à concentração de elementos tóxicos, à concentração de íons, e ao aspecto sanitário (contaminação por bactérias patogênicas) (PHILIPPI JÚNIOR, 2003). Devem atender exigências de qualidade da água adotadas em cada país. Como referência, pode-se utilizar os padrões sanitários da OMS (Organização Mundial de Saúde), além de algumas medidas preventivas para os manipuladores.

A contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais em áreas com reúso de efluentes está intimamente ligada às características do efluente e às propriedades de retenção e transmissão de água e solutos do solo, que podem limitar sua aplicação (MARCIANO et al., 2001).

Como os efluentes e seus constituintes exercem influencia sobre algumas características do solo e da água ao ponto de modificá-las a disposição no meio ambiente deve

ser controlada de forma que situações indesejáveis não surjam ou, se assim ocorrer, que elas possam ser controladas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Clima

O experimento foi conduzido em ambiente protegido pertencente à Centro de Desenvolvimento do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande localizado no município de Sumé, PB, cuja coordenada geográfica é: 7°40'19" de latitude Sul, 36°52'48" de longitude Oeste e altitude média de 532 m.

O ambiente protegido é constituído por material de alvenaria, para sustentação, madeira para as bases do teto e sombrite com abertura de 50% na cobertura, Figura 1.

Figura 1 – Vista geral do ambiente protegido



Segundo o PDRH-PB (1996), o município de Sumé está situado em uma zona onde predomina, de maneira quase absoluta o clima semiárido BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pela precipitação anual abaixo de 400 mm, temperaturas elevadas, forte evaporação e, principalmente, pela alternância de duas estações nitidamente delimitadas: a das chuvas, também chamada de “inverno” e a da seca, ou “verão”. As precipitações pluviais ocorrem entre janeiro e julho, com maior intensidade nos meses de março e abril.

3.2 Delineamento estatístico

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais, em esquema fatorial 4x2. Utilizaram-se quatro substratos (solo, material de compostagem, esterco bovino e esterco caprino) e duas qualidades de água de irrigação (água de poço e água residuária de laticínio). A disposição dos vasos no ambiente protegido pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Vista geral da disposição dos vasos



3.3 Confeção das unidades experimentais

Cada parcela experimental se compunha de um vaso com capacidade volumétrica de 10 litros e altura de 30 cm, Figura 3. Na parte central do inferior de cada vaso foi perfurado e colocaram-se garrafas plásticas para facilitar o escoamento do fluxo drenado.

Os vasos foram preenchidos com uma camada de 5 cm de brita nº 1 e o restante do vaso com solo acrescido de 1 kg de composto orgânico. Em todos os vasos foi deixada uma folga de, aproximadamente, 4 cm na parte superior para facilitar o manejo de irrigação e tratos culturais.

Figura 3 – Unidade experimental



3.4 Solo utilizado

O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi coletado no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, próximo ao ambiente protegido onde foram cultivadas as plantas, a coleta ocorreu nos primeiros 20 cm da camada superficial. O solo é classificado como sendo neossolo regolítico (EMBRAPA, 2006), tipo franco arenoso. Para o preenchimento dos vasos o solo foi apenas seco ao ar e peneirado em malha de 5 mm, não passou por nenhum tipo de tratamento.

Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e peneiradas com malha de 5 mm e em seguida foram encaminhadas para análise. A caracterização química foi realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande, Quadro 1.

Quadro 1 – Análise dos atributos químicos do solo utilizado no preenchimento dos vasos

pH	Ca	Mg	Na	K	S	H	Al	T	CE	P	N	MO	C/Org.
-----meq/g-----									(mg/g)	-----(%)------			
7,43	9,14	6,08	0,70	0,44	16,36	0,00	0,00	16,36	0,40	4,63	0,13	2,24	1,30

3.5 Substratos orgânicos utilizados no preenchimento dos vasos

Na adubação das unidades experimentais foram utilizados três diferentes tipos de substratos: a) esterco caprino e esterco bovino: Que são compostos por urina e fezes de animais provenientes de uma propriedade localizada no município de Sumé, PB. Antes de adicionar ao solo o material foi coletado, homogeneizado e posto para secar ao ar. c) compostagem: O resíduo utilizado é proveniente do minhocário localizado no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. O material compostado tem origem no viveiro de mudas do campus da UFCG em Sumé, PB. Sua composição baseia-se em podas provenientes do campus, misturado ao esterco bovino posteriormente enriquecido com casca de ovos, cinza, borra de café, farinha de ossos de peixes. Também foi utilizado solo sem acréscimo de adubação, apenas peneirado.

3.6 Cultura utilizada e tratos culturais

A cultura utilizada é a mamona BRS Energia, lançada pela EMBRAPA algodão no ano de 2007, é uma planta precoce no ciclo médio de 120 dias e porte baixo (altura média de 140 cm) com caule e folha de coloração verde, plantada em população elevada (acima de 5000 plantas por ha⁻¹), apresenta uma produtividade média de 1800 kg por ha⁻¹ em condições de sequeiro e possui, em média, 48 % de óleo de suas sementes, favorece o plantio e a colheita mecanizada da lavoura, adaptada a diferentes ecossistemas em que ocorreu precipitação pluvial de pelo menos 500 mm/ano, principalmente as condições de solo e clima da região Nordeste (EMBRAPA, 2007; MILANI, 2007).

As sementes utilizadas no experimento foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ-EMBRAPA). A semeadura foi feita de forma direta nas unidades experimentais em número de quatro sementes colocadas a 3 cm de profundidade. O início da germinação ocorreu cinco dias após a semeadura (DAS), com um índice de germinação de 99 %.

Os desbastes foram realizados em duas etapas, a primeira cinco dias após a germinação deixando duas plantas por vaso e a última na ocasião da primeira leitura biométrica, que se deu aos 15 dias após a germinação, Figuras 4 (A e B).

Figura 4 – Início da germinação (A) e plantas com 5 dias após a germinação (B)



Figura A



Figura B

Durante todo o ciclo da cultura realizou-se o controle manual de plantas daninha. De acordo com a necessidade e também com o intuito preventivo foi realizado o controle de pragas com caldas naturais, visando o desenvolvimento adequado das plantas e preservando a qualidade da produção.

3.7 Caracterização química das águas de irrigação

Foram utilizadas duas fontes distintas de água para irrigação: água de poço artesiano e água residuária de laticínio. A água de poço localizado dentro do CDSA e que fica próximo ao ambiente protegido, Figura 1. A água residuária de laticínio, proveniente da Usina de Beneficiamento de Leite de Cabra, localizada no Município de Sumé, PB, era coletada após a lavagem dos recipientes que chegavam a empresa para ser beneficiado. Após a coleta o efluente foi armazenado em recipiente com capacidade para 20 L a fim de ser utilizado diariamente. No Quadro 2, encontra-se as análises da água residuária de laticínio e da água de poço.

Quadro 2 – Análises físico-química das águas utilizadas nas irrigações das unidades experimentais

Parâmetros	Águas	
	Poço	Laticínio
pH	8,67	8,49
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1,884	3,04

3.8 Irrigação das unidades experimentais

A quantidade de água utilizada na irrigação das unidades experimentais foi determinada de acordo com a necessidade hídrica da cultura. A irrigação com água residuária de laticínio iniciou-se após a germinação das plântulas, isto é, a partir do quinto dia após a semeadura. Após a emergência das plântulas a irrigação foi realizada diariamente.

3.9 Variáveis analisadas no cultivo da mamona

A análise de crescimento se deu a cada 15 dias após a emergência, pelo período de 75 dias. Foram avaliados os seguintes parâmetros: altura das plantas, diâmetro caular, número de folhas e área foliar.

A altura da planta foi determinada em centímetros, desde o colo da planta até a extremidade do broto terminal. O diâmetro foi determinado com paquímetro; o tamanho das folhas a partir da nervura central e o número de folhas por contagem direta, levou-se em consideração as folhas que apresentavam completamente abertas, tamanho igual ou superior a 3 cm de comprimento.

A área foliar, uma das mais importantes variáveis, por estar diretamente relacionada com os processos fisiológicos das plantas foi determinada, segundo metodologia de Severino et al. (2005) conforme Equação a seguir.

$$S = \Sigma(0,26622 \times P^{2,4248})$$

Onde: S - área foliar total (cm²)

P - medida do comprimento da nervura principal da folha (cm)

3.9.1 Análise estatística dos dados

A avaliação estatística dos dados foi realizada no SISVAR (Ferreira, 2005) e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Para a comparação entre médias utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de crescimento das plantas de mamona

4.1.1 Altura das plantas

Realizadas as medições da altura de planta de 15 em 15 dias até os 75 dias após a semeadura (DAS), os dados obtidos foram submetidos à análise estatística cujo resumo da análise de variância encontra-se na Tabela 1, que representa o comportamento da mamoneira em função dos tipos de água e compostos orgânicos aplicados, constatando a evolução da planta ao longo do experimento.

Em relação a qualidade de água, verifica-se que houve diferença significativa ao nível de 5 % e 1% de probabilidade aos 30 e 75 DAS, respectivamente. Já em relação aos compostos utilizados verifica-se efeito significativo a 1% aos 30 e 75 DAS e a 5% de probabilidade aos 45 e 60 DAS, não apresentando efeito aos 15 DAS. No que se refere a interação (qualidade de água e composto) só foi verificado efeito ao nível de 5% na leitura realizada aos 75 DAS.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância referente à variável altura da planta relativo aos dados obtidos até os 75 dias após a emergência (DAE) da cultivar de mamona BRS Energia

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios altura (m)				
		15	30	45	60	75
Tipo de água (A)	1	0,5253 ns	83,8512 *	423,40 ns	477,0960 ns	982,3528 **
Substrato (S)	3	16,0228 ns	113,9291 **	634,3370 *	752,7960 *	772,2536 **
A x S	3	5,0336 ns	28,9587 ns	114,4325 ns	276,5480 ns	347,1678 *
Resíduo	21	6,8878	17,4848	111,1189	115,773	82,0804
Total	31					
CV (%)		25,77	19,83	29,39	21,76	16,44
Fonte de água		Médias dos diâmetros em mm				
Água de poço		10,0562 a1	19,4687 a1	32,2312 a1	45,5750 a1	49,5562 a1
Água residuária		10,3125 a1	22,7062 a2	39,5062 a1	53,2975 a1	60,6375 a2
Substratos						
Solo		8,82500a1	18,1000a1	28,55000a1	36,57500a1	40,97500a1
Esterco Caprino		9,31250a1	18,3000a1	29,3500a1a2	50,15000a1a2	55,83750a2
Composto		10,62500a1	21,8125a1a2	37,98750a1a2	50,89500a1a2	61,57500a2
Esterco Bovino		11,9750a1	26,1375a2	47,58750a2	60,12500a2	62,00000a2

*, **, ns – Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente, CV – coeficiente de variação e GL – Grau de liberdade

Observou-se que as maiores alturas foram observadas nas plantas irrigadas com água residuária de laticínio, a partir da terceira leitura, 45 DAS, o mesmo foi observado por Rodrigues et al. (2009) que trabalhando com aplicação de água residuária doméstica na cultura da mamoneira, que a altura das plantas cresceu de forma mais acentuada entre 48 e 90 DAS.

Esses resultados são apoiados por alguns pesquisadores, dentre os quais pode-se citar: Nascimento et al. (2004), que estudando irrigação de mamoneira com água de abastecimento e água residuária, verificaram incrementos na altura de plantas e no diâmetro caulinar; Ferreira et al. (2005), que estudando algodoeiro herbáceo verificou que a água residuária promoveu maior crescimento de plantas (altura e área foliar por planta) em relação a água de abastecimento.

Esse aumento nas variáveis de crescimento das culturas irrigadas com águas residuárias, ocorre devido à presença de matéria orgânica, macro e micronutrientes presentes nessas águas e são essenciais para o estabelecimento e desenvolvimento culturais.

Pelissari et al. (2009) utilizando água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, observaram que a utilização deste tipo de fertirrigação propiciou maiores valores de diâmetro de colo e altura das mudas, conseguindo uma antecipação de 90 para 60 dias na etapa da produção das mudas.

Em se tratando de substratos, de acordo com os dados da tabela 1, os mais significativos valores estão expressos através do esterco bovino. Este adubo orgânico atua sobre as propriedades físicas do solo melhorando sua estrutura, aeração, armazenamento de água e drenagem interna. Favorecendo a diminuição das variações bruscas de temperatura do solo que interferem nos processos biológicos e na absorção de nutrientes pelas plantas. Sobre as propriedades químicas, enriquece gradualmente com macro e micronutrientes essenciais às plantas além de aumentar o teor de matéria orgânica.

Lima et al. (2006), verificaram maior crescimento da mamoneira quando adicionaram esterco bovino em comparação com a adição de cinza de madeira e afirmam que este melhorou o desempenho das plantas na presença do esterco bovino devido, provavelmente, à elevação do pH do solo e a melhoria nas características físicas do solo, haja vista a mamoneira ser muito sensível à baixa aeração do ambiente edáfico.

4.1.2 Diâmetro das plantas

O resumo da análise de variância dos dados de diâmetro da planta aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência das plantas se encontra na Tabela 2. Constatou-se efeito significativo da qualidade da água aos 30 e 60 DAE. Os tipos de substratos aplicadas no solo também afetaram a altura das plantas aos 30 dias de avaliação. Observou-se também significância na interação tipo de água versus Composto aos 30 DAE, ao nível de 5% de probabilidade.

O maior diâmetro caulinar da mamoneira obtido nesta pesquisa foi de 13,20 mm para as plantas que receberam esterco bovino aos 75 DAE. Silva, et al. (2004) observaram, em pesquisa em condições de semiárido, diâmetro médio de 30,8 mm para a mamona BRS Paraguaçu, resultados estes aos 105 DAE.

É importante ressaltar que, conforme relatado anteriormente, até os 5 DAE a irrigação foi realizada apenas com água potável, provavelmente tenha interferido no resultado não significativo na primeira leitura.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro da planta relativo aos dados obtidos até os 75 DAE da cultivar de mamona BRS Energia

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios diâmetro				
		15	30	45	60	75
Tipo de água (A)	1	0,00052 ns	6,1337**	0,4255 ns	17,4050**	6,6066 ns
Substrato (S)	3	0,00757 ns	2,8100**	7,6408 ns	2,1813 ns	14,0591 ns
A x S	3	0,00643 ns	0,2596 ns	5,5687 ns	4,5219 *	4,9900 ns
Resíduo	21	0,00422	0,64179	8,3509	1,1891	6,3876
Total	31					
CV (%)		13,06	10,13	28,43	9,34	21,3
Fonte de água		Médias dos diâmetros em mm				
Água poço		0,4937a1	7,4681a1	10,0475a1	10,9318a1	11,4093a1
Água residuária		0,5018a1	8,3437a2	10,2781a1	12,4068a2	12,3181a1
Substratos						
Esterco Caprino		0,46250a1	7,37750a1	9,17375a1	10,9550 a1	10,05875a1
Solo		0,48875a1	7,64000a1a2	9,68125a1	11,65375 a1	11,86125 a1
Compostagem		0,50375a1	7,86250a1a2	10,3265a1	11,89125 a1	12,33125 a1
Esterco Bovino		0,53625a1	8,74375a2	11,43375 a1	12,1775a1	13,20375 a1

*, **, ns – Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente, CV – coeficiente de variação e GL – Grau de liberdade

O diâmetro do caule é uma característica importante, uma vez que quanto maior seu valor maior apresentação do vigor, robustez e, portando, resistência ao tombamento e ao ataque de pragas. Sabendo-se que o diâmetro do caule é um valor primário de extrema

importância em análises de crescimento não destrutivo, observa-se por meio da Tabela 2 que esta variável apresenta melhores resultados quando submetidas a fonte de água residuária de laticínio para todos os dias avaliados. Esse fato pode ser atribuído, provavelmente, ao conteúdo existente neste tipo de água principalmente ao seu elevado teor de matéria orgânica.

Rodrigues et al. (2009) constataram, em estudo com reúso de águas residuárias domésticas na cultura da mamona (BRS Paraguaçu e BRS Nordestina), que o diâmetro caulinar da mamoneira cresce de forma mais acentuada até três meses após o plantio e que os dados foram semelhantes entre as cultivares. Severino et al. (2006) observaram, trabalhando com adubação química na cultivar BRS Nordestina, devido ao excessivo crescimento vegetativo, que o diâmetro do caule das plantas foi maior, com média de 4,0 cm, enquanto nas plantas que não receberam a adubação o diâmetro do caule foi de 3,26 cm. Neste trabalho os diâmetros caulinares apresentam tendência de crescimento em todos os tratamentos estudados.

O diâmetro caulinar apresentou aumento em função do tempo, considerando, aos 75 DAE, em média 13,20 mm, valor este menor que observado por Araujo et al. (2009) e Mesquita et al. (2009) para BRS 149 - Nordestina. Os maiores valores para o DC foram obtidos para as plantas adubadas com esterco bovino, resultado semelhante foi observado por Lima et al. (2005) que avaliaram os efeitos da cinza vegetal e do esterco bovino sobre o crescimento da mamoneira cultivada em solo ácido. A adição desses materiais favoreceu o crescimento das plantas, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar e massa seca de parte aérea e de raízes.

4.1.3 Número de folhas

O resumo da análise de variância dos dados de número de folhas por planta durante as avaliações realizadas aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência das plantas se encontra na Tabela 3. Verificou-se, que apenas aos 75 DAE houve efeito significativo da qualidade da água a nível de 5% de probabilidade. Percebe-se que não houve alteração significativa para o uso dos diferentes substratos, assim como não apresentou efeito significativo a interação (qualidade de água versus substrato).

Não se registraram influências do tipo adubo aplicado no número de folhas, em qualquer uma das avaliações, fato que pode ter sido ocasionado em razão do tempo de exposição do adubo não ter sido o bastante para a mineralização da matéria orgânica uma vez que necessita de um tempo maior quando comparado com adubação química. Beltrão et al.

(2005) em registro de pesquisa realizada para avaliar a resposta da mamoneira à adubação orgânica e mineral, observaram efeitos semelhantes.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas relativo aos dados obtidos até os 75 DAE da cultivar de mamona BRS Energia

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios número de folhas				
		15	30	45	60	75
Tipo de água (A)	1	0,5000 ns	12,5000 ns	4,5000 ns	55,1250 ns	242,0000 *
Substrato (S)	3	1,2083 ns	5,0833 ns	4,7916 ns	20,7083 ns	6,5416 ns
A x S	3	1,4166 ns	2,2500 ns	9,0000 ns	33,2083 ns	13,0833 ns
Resíduo	21	0,6041	2,8958	3,4166	17,1666	11,5833
Total	31					
CV (%)		13,37	15,83	16,71	28,21	27,93
Fonte de água	Médias do número de folhas					
Água de poço		5,9375 a1	10,1250 a1	10,6875 a1	13,3750 a1	9,4375 a1
Água residuária		5,6875 a1	11,3750 a2	11,4375 a1	16,0000a1	14,9375 a2
Solo		5,3750 a1	10,1250 a1	10,3750 a1	12,3750 a1	11,3750 a1
Esterco Caprino		5,6250 a1	10,2500 a1	10,6250 a1	14,8750 a1	11,5000 a1
Composto		6,0000 a1	10,7500 a1	11,1250 a1	15,5000 a1	12,6250 a1
Esterco Bovino		6,2500 a1	11,8750 a1	12,1250 a1	16,0000 a1	13,2500 a1

*, **, ns – Significativo a 5%, 1% e não significativo respectivamente, CV – coeficiente de variação e GL – Grau de liberdade

Todas as plantas irrigadas com água residuária apresentaram maiores quantidades de folhas, com exceção na primeira leitura que ocorreu aos 15 DAE, porém esse fato pode estar relacionado a irrigação com água residuária começou após a germinação de todas as plantas.

O maior número de folhas foi observado nas plantas que foram plantadas com esterco bovino aos 60 DAE, aproximadamente 16 folhas, seguido das plantas que receberam na fundação composto orgânico e esterco caprino, aproximadamente 15 folhas aos 60 DAE. Provavelmente isso deve ter acontecido devido ao tempo de decomposição dos três diferentes substratos serem diferentes, uma vez que todos possuem valores consideráveis de nitrogênio, fósforo e potássio. As cultivares plantadas no solo sem adubação orgânica apresentaram menor quantidade de folhas, o que pode está relacionado a pouca disponibilidade de nutrientes presentes.

A redução do número de folhas com o tempo deve-se a época (75 DAE) em que as plantas começaram o processo natural de senescência e o início de uma considerável carga de frutos em fase de enchimento e de amadurecimento. Sofiatti et al. (2007) observaram

aumento no número de folhas em algodoeiro com a aplicação de lodo de esgoto, comportamento inverso ao observado neste estudo.

4.1.4 Área Foliar

Encontram-se na Tabela 4 as análises de variância e os valores médios referentes à área foliar das plantas de mamona (cm²) em diferentes épocas de cultivo em função de diferentes substratos e duas qualidades de água de irrigação (água de poço e água residuária de laticínio).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância referente à variável área da planta relativo aos dados obtidos até os 75 DAE da cultivar de mamona BRS Energia

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios diâmetro				
		15	30	45	60	75
Tipo de água (A)	1	0,00052 ns	6,1337**	0,4255 ns	17,4050**	6,6066 ns
Substrato (S)	3	0,00757 ns	2,8100**	7,6408 ns	2,1813 ns	14,0591 ns
A x S	3	0,00643 ns	0,2596 ns	5,5687 ns	4,5219 *	4,9900 ns
Resíduo	21	0,00422	0,64179	8,3509	1,1891	6,3876
Total	31					
CV (%)		13,06	10,13	28,43	9,34	21,3
Fonte de água		Médias dos diâmetros em mm				
Água poço		0,4937a1	7,4681a1	10,0475a1	10,9318a1	11,4093a1
Água residuária		0,5018a1	8,3437a2	10,2781a1	12,4068a2	12,3181a1
Substratos						
Esterco Caprino		0,46250a1	7,37750a1	9,17375a1	10,9550 a1	10,05875a1
Solo		0,48875a1	7,64000a1a2	9,68125a1	11,65375 a1	11,86125 a1
Compostagem		0,50375a1	7,86250a1a2	10,3265a1	11,89125 a1	12,33125 a1
Esterco Bovino		0,53625a1	8,74375a2	11,43375 a1	12,1775a1	13,20375 a1

*, **, ns – Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente, CV – coeficiente de variação e GL – Grau de liberdade

Para a área foliar a qualidade da água exerceu efeito significativo a 5% e a 1% de probabilidade aos 45 e 60 DAE, respectivamente. Para os diferentes substratos o efeito foi não significativo para todas as épocas de avaliações. Em relação a interação entre os fatores qualidade de água de irrigação e substratos, houve efeito significativo a 5% para a avaliação aos 75 DAE.

Conforme apresentado na Tabela 4, todas as plantas irrigadas com água residuária de laticínio apresentaram áreas foliares maiores que as plantas irrigadas com água de poço,

provavelmente devido a quantidade de nutrientes disponíveis nas águas residuárias. Xavier (2007) avaliou o crescimento da mamoneira BRS Nordestina irrigada com águas residuárias de três indústrias e obteve valores mais altos para as variáveis de crescimento, dentre elas a área foliar, com a utilização de uma das fontes de água, a explicação, segundo a autora, se deve aos maiores valores de nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, além do seu elevado teor de matéria orgânica. Bezerra et al. (2005) concluíram, em pesquisa com algodoeiro que, em geral, a água residuária doméstica tratada proporcionou aumento de todas as variáveis de crescimento analisadas quando comparada com água de abastecimento.

Nas avaliações realizadas aos 60 e 75 DAE percebeu-se que a área foliar diminuiu nas plantas adubadas com compostagem e esterco bovino, e nas plantas onde utilizou-se apenas solo sem adição de adubo orgânico, provavelmente devido a proximidade das plantas a fase de produção, fato percebido também no número de folhas. Isso ocorreu possivelmente pelo esterco possuir em sua composição química maior teor de nitrogênio quando comparado aos compostos orgânicos. Segundo Ludwig et al. (2010) o índice de área foliar é maior no início dos períodos de avaliações pois a planta converte maior produção fotossintética para a expansão foliar e captação de luz declinando seus valores ao longo do ciclo devido à interferência das folhas superiores sobre as inferiores e redução da área foliar útil para a fotossíntese.

5 CONCLUSÃO

1. A irrigação com água residuária de laticínio proporcionou maior desenvolvimento da mamoneira BRS Energia, evidenciando o potencial de uso da água residuária na agricultura.

2. Verificou-se que o esterco bovino proporcionou os maiores valores para as variáveis: número de folhas, altura e diâmetro das plantas, enquanto que o maior valor obtido para a área foliar foi observado nas plantas que receberam esterco caprino.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, D. L.; CAHVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; FRANÇA, C. P. **Crescimento da mamoneira cultivar BRS 149 Nordestina adubada com nitrogênio, fósforo e potássio.** Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 6, n. 3. p. 685-702, 2009.
- ARAÚJO, L. F. P. **Reúso com lagoas de estabilização, potencialidades no Ceará.** Fortaleza: SEMACE, 2000.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; Azevedo, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. **Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 2, n. 1. p. 63-68, 2007.
- BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa. p. 267, 2003.
- BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; BOAS, V. M. A. **Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alfaca.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 27, n. 1. p. 152-163, 2007.
- BELTRÃO, N. E. M.. **A cadeira da mamona no Brasil, com ênfase para o segmento P & D: estado da arte, demandas de pesquisa e ações necessárias para o desenvolvimento.** Campina Grande, PB: EMBRAPA. p. 19, 2004.
- BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região Nordeste, em especial o Semi-Árido e outros aspectos ligados a sua cadeia.** EMBRAPA. Campina Grande PB, julho de 2004.
- BELTRÃO, N.E. M.; GONDIM, T.M. de S.J.; PEREIRA, R.; SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D. **Estimativa da produtividade primária e partição de assimilados na cultura da mamona no semi-árido brasileiro.** Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. Campina Grande: Embrapa Algodão, n.1/3, p.925-930, jan./dez 2005.
- BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Serviço de Comunicação Tecnológica, p. 37-61, 2001.
- BEZERRA, B.G.; FILHO, J.F. **Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigado com água residuárias.** Revista de Ciências Agrônômica, Fortaleza. v. 40, n.3, p.339-345, 2009.
- BLUM, J.; LEAL, R.M.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J. **Influência do manejo na sustentabilidade do uso agrícola de efluentes: estudo de caso com cana-de-açúcar em Lins-SP,** Revista DAE, n.180, p.61-66, 2009.
- BOUWER, H. **Integrated water management: Emerging issues and challenges.** Agricultural Water Management, v.45, p.217-28, 2000.

BRIÃO, V. B. **Processos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticínios**. Tese Doutorado: UEM. Maringá, 2007.

BRITO, R.R.; GOMES, E.R.; LUDWIG, R. **Uso da água na irrigação**. VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n.2, 2012.

BULLOCK, J.M., KENWARD, R.E. & HAILS, R. **Dispersal Ecology**. Blackwell Science, Oxford, 2002.

CARVALHO, B. C. L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005.
CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. **Aplicação industrial de óleo**. In: AZEVEDO, DRINKWATER, L.E., D.K. LETOURNEAU, F. WORKNEH, A.H.C. VANBRUGGEN, and C. Shennan. **Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California**. Ecological Applications 5(4):1098±1112. 1995.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D. ; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L. SIQUEIRA, E. da C. **Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: Germinação e características de crescimento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.57-61, 2005.

DUARTE, A. S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho**. Embrapa-CNPQ. Campina Grande, p. 21, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Agropecuária. 2007 **Tecnologias a serviço da convivência com o semiárido**. Artigo de hipertexto. Disponível em: <http://www.embrapa.br/Embrapa/imprensa/noticias/2007/junho/1ªsemana/noticia.2007-07-4.7143579526> Acesso em 20 fev. 2015, 00:39hs.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KONIG, A. **Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo**. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, Campina Grande, v. 9, n. 1/3, p. 893-902, 2005.

FIDELIS FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T.; DANTAS, J. P. **Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, p. 328-332, 2005.

FONSECA, A.F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M. de; VICTÓRIA, R.; MELFI, A.J. **Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.64, p.194209, 2007.

GARCIA-GONZALEZ, J. J.; BARTOLOMÉ-ZAVALA, B.; DEL MAR TRIGO-PÉREZ, M.; BARCELÓ-MUÑOZ, J. M.; FERNÁNDEZ-MELÉNDEZ, S.; NEGRO-CARRASCO, M. A.; CARMONA-BUENO, M. J.; VEGA-CHICOTE, J. M.; MUÑOZ-ROMÁN, C.; PALACIOS-PELÁEZ, R.; CABEZUDO-ARTERO, B.; MARTÍNEZ-QUESADA, J. **Pollinosis to Ricinus communis (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study**. Clinical and Experimental Allergy, Oxford, v. 29, n. 9, p. 1265-1275, 1999.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água do Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** São Paulo, 2001. Separata: de Resumo de trabalhos técnicos III ENCONTRO DAS ÁGUAS, Chile, 2001.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil - Agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, p.75-95, 2002.

HESPANHOL, I. **Saúde pública e reuso agrícola de esgotos e biossólidos.** In: MANCUSO, C.S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reuso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003.

HOEK, W. VAN de; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **URBAN. Wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan.** Colombo: International Water Management Institute, p.29, 2002.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, p.200, 2004.

IBGE, 2011. **Relatório Anual de Produção Agropecuária.** Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0231.php>. Acesso em: 02 Mar. 2015, à 01h06.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos.** Agronômica Ceres: p.492, Piracicaba, 1985.
LEAL, R.M.P.; FIRME, L.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J.; PIEDADE, S.M. de S. **Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation.** Scientia Agricola, Piracicaba, v.66, p.242249, 2009.

LIMA, C. A. A. **Tratamento de esgoto sanitário em reator horizontal de leito fixo (RAHLF) - Escala Piloto.** Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento. f. 165, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

LIMA, R. L.S.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M.; FERREIRA, G.B. **Efeitos da adição de cinza de madeira e esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira cultivada em solo ácido.** In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

LIMA, S. M. S.; HENRIQUE, I. N.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. **C. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, p.21-25, 2005.

LOPES, M.B.P.R. **Cultivo da mamona e seu potencial fitorremediador sob adubação nitrogenada e irrigação com água residuária.** Tese Doutorado, p.80. Campina Grande: UFCG, 2013.

LUDWIG, F.; GUERRERO, A.C.; FERNANDES, D.M.; BOAS, R.L.V. **Análise de crescimento de gérbera de vaso conduzida em diferentes substratos.** Horticultura Brasileira, v. 28, p. 70-74. 2010.

- MACHADO, C.J.S. **Reuso da água doce**. Revista Eco 21, Rio de Janeiro, Ano XIV, Edição 86, Janeiro 2004.
- MANCUSO, P. S.; Santos, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003.
- MARCIANO, C. R.; MORAES, S.O.; OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. **Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n.1, p. 1-9, 2001.
- MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V.; SARMENTO, A. P.; MATOS, M. P. **Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.1311-1317, 2010.
- MATOS, A.T. **Comportamento de atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, p.268-273, 2005.
- MEDEIROS, S. S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. Tese Doutorado, p. 114. UFV: Viçosa, 2005.
- MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. de. et al. **Utilização de águas residuárias de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; SOUZA, J.A.A.; SOUZA, J.A.; MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P.D. **Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: efeito nos componentes de produção**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, 2007.
- MENEZES, R. S. C.; OLIVEIRA, T. S. **Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.251-257, 2008.
- MESQUITA, E. F.; CHAVES, L. H. G.; ARAUJO, D. L.; FRANÇA, C. P.; LACERDA, R. D.; DANTAS JUNIOR, E. E.; MOURA, M. F. **Crescimento da cultivar de mamona BRS 149 Nordestina sob fertilização mineral**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 2009. CD-ROM.
- MILANI, M. BRS Energia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 1 folder. FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2. ed. Maceió UFAL/EDUFAL/FUN-DEPES, 437 p. ,2003.
- MUYEN Z; MOORE, G. A.; WRIGLEY, J.R. **Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia**. Agricultural Water Management, v.99, p. 33 – 41, 2011.

NASCIMENTO, M. B. H. do; LIMA, V. L. A.; BELTRAO, N. E. de M. B.; SOUZA, A. P. de; **Utilização de água residual na cultura da mamona: crescimento e desenvolvimento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

OLIVEIRA, I. P.; SANTOS, K. J. G.; BELTRÃO, N.E. M.; NEVES, B. P.; ARAÚJO, A. A.; OLIVEIRA, L. C. **Potenciais da mamona (*Ricinus communis*) na região Centro-Oeste Brasileira.** Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, São Luis de Montes Belos, v. 1, n. 2, p.104-130, 2005.

OLIVEIRA, R. B.; GIMMENEZ, V. M. M.; GODOY, S. A. P. **Intoxicações com espécies da família Euphorbiaceae.** Revista Brasileira de Biociências, Suplemento 1. Porto Alegre, v. 5, p. 69-71, 2007.

PAPADOPOULOS, I.; CHIMONIDOU, D.; SAVIDES, S; POLYCARPO, P. **Optimization of irrigation with treated wastewater on flower cultivations.** In: Workshop Non-Conventional Water Use, 2004, Cairo. http://wasamed.iamb.it/allegati_int/18/cyprus1.pdf. Acesso em: 02 fev. 2004.

PDRH-PB. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba.** João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. 1996. CD-ROM.

PELLISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. S. **Lodo têxtil e água residual da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (w, Hill ex Maiden).** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). Reúso de água: Manole. Barueri, 2003.

PIVELI, R.P.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; GOMES, T.M. **Uma reflexão sobre a qualidade e uso de esgoto tratado por lagoas de estabilização na agricultura: caso de Lins/SP.** Revista DAE, São Paulo, n.177, p.6370, 2008.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N.E DE M.; GHEYI, H.R. **Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residual doméstica.** Revista Brasileira engenharia Agrícola Ambiental. v.29, p.145-150. 2009.

SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. **Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residual.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. **Teores de nutrientes na alface irrigada com águas residuais aplicadas por sistema de irrigação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 26, n. 1, p. 45-57, 2006.

SANTOS, J.W.; GHEYI, H.R. **Estatística experimental aplicada: tópicos de engenharia agrícola e agrônômica.** Campina Grande: Gráfica Marcone Ltda., p.213, 2003.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. T. DE A.; GONDIM, T. M. DE S.; FREIRE, S. DE A.; CASTRO, D. A. DE.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. DE M. **Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macro nutrientes e micronutrientes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.563-568, 2006.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. DE M.; SANTOS, J. W. DOS. **Método para determinação da área foliar da mamoneira.** Campina Grande: Embrapa CNPA, p.20, 2005.

SILVA, A.F.; ANJOS, F.B, DRUMOND, M.A.; MILANE, M.; NÓBREGA, M.B.M.; SUASSUNA, T.M.F. **Avaliação preliminar de cultivares de mamona em condições semiáridas do Nordeste do Brasil.** In: Congresso Brasileiro de Mamona – Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: EMBRAPA Algodão. p.4, 2004.
SILVA, C. H. R. T. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil.** Boletim Legislativo, n. 3. Disponível em: <http://www.senado.gov.br> Acesso em: 18 jan. 2013.

SILVA, E. A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, L. L.; BARDIVIESSO, D. M. **Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos.** Semana: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria orgânica do solo.** In: NOVAIS, R. F. et al. (Org.) Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2007.

SILVA, V. de P. **Efeitos da fertirrigação com efluente de lagoa de polimento nos atributos do solo e na produção do feijão cupi (Vigna unguiculata (L.) Walp).** Tese Doutorado, p.128. UFPE: Recife, 2007.

SOFIATTI, V.; LIMA, R. L. S.; GOLDFARB, M.; BELTRÃO, N. E. DE M. **Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.7, n.1, p.144-152, 2007.

SOUZA, N.C. DE; MOTA, S.B.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F. DE; SANTOS, A.B. DOS. **Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.478-484, 2010.

TOZE, S. **Reuse of effluent: Water-benefits and risks.** Agricultural Water Management, v.80, n.1/3, p.147-159, 2006.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. **Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse.** Desalination, v.219, p.190-202, 2008.

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S. e MEDEIROS, C. A. B. **Práticas Agroecológicas: Adubação orgânica.** Pelotas, 2006.

XAVIER, J.F. **Água residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina.** Dissertação de Mestrado, p. 101. UFCG: Campina Grande, 2007.