

PRODUTIVIDADE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR E SUAS UTILIDADESV. M. SARAIVA¹ e A. KONIG²¹Professora - Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)²Professora - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)vanda.saraiva@ifrn.edu.br¹ e annemariekonig@yahoo.com.br²

Artigo submetido em fevereiro/2013 e aceito em março/2013

RESUMO

A cultura do capim-elefante pode dar uma grande contribuição à pecuária, pois é um excelente alimento para o gado, e, como biomassa, para fins energéticos. Ademais, é uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo. O experimento foi conduzido de fevereiro a novembro de 2012, em escala real, numa área de 1 ha, no entorno da ETE do município de Pendências/RN, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e a produtividade de Capim-elefante-Roxo para alimentação animal e matéria-prima para produção de biomassa com fins energéticos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos: um irrigado diariamente (duas fases) e outro irrigado três vezes por semana (uma fase). A cada 20 dias, foram analisadas 10 plantas em cada fase. As variáveis avaliadas foram:

altura da planta, diâmetro caulinar, tamanho e largura da folha. Aos 160 dias após o plantio, foi feito o corte e determinada a massa verde e a massa seca do capim. Os resultados obtidos foram bastante animadores, pois a produtividade nas duas fases do primeiro tratamento foi de 136 ton/ha e 121,6 ton/ha de massa verde; no tratamento (2), o rendimento foi similar, 136 ton/ha. A quantidade de matéria seca foi de 43,5 e 39 ton/ha no tratamento 1, e 37 ton/ha no tratamento 2. Conclui-se que, o tratamento 2 se revelou mais interessante, pois a quantidade de massa verde é igual ao primeiro tratamento e exige menos mão-de-obra. O cultivo de capim-elefante cv.Roxo deve ser aprimorado no meio rural produtivo do semiárido Potiguar e, por conseguinte, na região Nordeste do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Capim-elefante-roxo. Produtividade. Biomassa. Reuso Agrícola. Briquetes**PRODUCTIVITY PURPLE-ELEPHANT-GRASS IRRIGATED WITH TREATED DOMESTIC SEWAGE IN THE SEMIARID POTIGUAR AND ITS USES****ABSTRACT**

The culture of elephant grass can make a major contribution in livestock, it is an excellent food for cattle and as biomass for energy purposes. The experiment was conducted from February to November 2012, full scale in an area of 1 ha, in the vicinity of the city of ETE Pendências (RN), with the objective of evaluating the development and productivity of grass-Purple Elephant, feeding animal and for the production of biomass for energy purposes. The experimental design was completely randomized with two treatments: irrigated daily (two phases) and other irrigated three times per week (one phase). Every 20 days were analyzed 10 plants in each stage. The variables evaluated were: plant height, culm diameter, length and width of the sheet. At

160 days after planting was cut and given the green mass and dry mass of grass. The results were very encouraging, as the productivity in the first two phases of the treatment was 136 ton/ha, and 121.6 ton ha green mass; treatment (2), the yield was similar, 136 ton/ha. The amount of dry matter was 43,5 and 39 ton/ha in treatment 1 and 37 ton/ha in treatment 2. Conclude that treatment 2 proved more interesting, because the amount of green mass is equal to the first treatment and requires less labor-intensive. Growing elephant grass cv.Roxo should be improved in rural productive semiarid Potiguar and therefore in Northeastern Brazil.

KEY-WORDS: *Pennisetum purpureum Schumach.* Productivity. Biomass. Agricultural Reuse. Briquettes.

PRODUTIVIDADE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR E SUAS UTILIDADES

1 INTRODUÇÃO

O Capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) é, reconhecidamente, uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo e energético, adaptando-se muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil. A principal dificuldade existente para a expansão do cultivo do capim-elefante está relacionada à sua forma de propagação, realizada por meio de estacas, o que aumenta o custo de transporte e plantio da forrageira e impossibilita o armazenamento das estacas por longo período, de acordo com Vilela (2009).

A biomassa seca de capim pode gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em sua produção. Por sua vez, a cana convertida em etanol alcança uma relação de apenas nove por uma. Mas esses dois líderes em balanço energético enfrentam desafios e caminhos distintos antes que possam competir, por exemplo, em geração de eletricidade. Enquanto o eucalipto, a planta mais comum no Brasil para produzir celulose e carvão vegetal, produz até 20 toneladas de biomassa seca por hectare/ano, em média, o capim elefante produz de 30 a 40 toneladas, por hectare/ano, segundo os dados disponíveis na literatura brasileira. Ainda, o eucalipto necessita de sete anos para alcançar porte adequado para corte, enquanto o capim, além de oferecer mais de dois cortes por ano, o seu primeiro corte pode ser feito aos 180 dias após o plantio, devido ao seu rápido crescimento (VILELA, 2009).

Aliado a isso, a grande extensão do desmatamento no Rio Grande do Norte e o lançamento dos efluentes no solo e nos corpos hídricos mostram a necessidade de buscar alternativas de utilização dos efluentes para suprir a carência hídrica da região, para, assim, expandir áreas agriculturáveis para diversos fins, sejam para prover alimento para o gado e até mesmo fornecer matéria-prima para geração de energia.

Versando sobre os problemas da agricultura no mundo, vê-se que ela depende do suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção agrícola não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo. Essa condição é fundamentada no fato de que o aumento dessa produção não pode ser mais efetuado por mera expansão da terra cultivada. Nesse contexto, isso é importante na região semiárida do Nordeste brasileiro, onde a escassez de água faz com que sejam, efetivamente, criadas alternativas que aproveitem a água disponível, dentre elas, a água residuária tratada, desde que se sigam as recomendações da organização mundial de saúde (WHO, 2006) e de algumas resoluções do CONAMA. Além disso, os agricultores têm dificuldades em manter reservatórios com água para irrigar suas lavouras, uma realidade que anseia por mudanças urgentes.

Na região semiárida, a pouca pluviosidade fez com que o agricultor se tornasse um verdadeiro herói, no sentido de continuar a fazer cultivo de produtos, seja para sua subsistência, seja para comercialização. Esta é uma situação que pode ser contornada com a utilização do esgoto doméstico tratado, o qual, no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, deve ser considerado como importante insumo para fins agrícolas, como água para irrigação e, assim, promover aumento na produtividade, desde que técnicas adequadas de manejo sejam adotadas.

Baseado no exposto, este trabalho teve como objetivo geral avaliar o desenvolvimento e a produtividade de Capim-elefante-Roxo para alimentação animal e matéria-prima para produção de biomassa com fins energéticos.

2 TEORIAS NORTEADORAS DA PESQUISA

2.1 NECESSIDADE E IMPORTÂNCIA DO REUSO DE ÁGUA

Em termos globais, a quantidade de água disponível no planeta é muito superior ao total necessário aos diversos usos da população. No entanto, a distribuição de água é muito desigual, tanto em geografia quanto em precipitação ao longo do ano, fazendo com que esse recurso esteja aquém das necessidades da população. Um exemplo dessa situação no Brasil, é que, enquanto cerca de 80% da água existente no país localiza-se na Amazônia, onde vivem 5% da população, o restante dos recursos hídricos (20%) destina-se a abastecer 95% dos brasileiros. A situação se agrava na região Nordeste, onde a disponibilidade de água por habitante é ainda menor (MOTA et al, 2007).

Ainda, segundo Mota e colaboradores (2007), há, portanto, necessidade de que sejam adotadas medidas de uso racional e reaproveitamento da água, além de controle da poluição dos recursos hídricos como formas de garantir a sua disponibilidade, hoje e sempre. A tendência atual é de se considerar a água residuária tratada como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins. O reuso de águas constitui, dessa forma, uma prática a ser incentivada em várias atividades humanas, e os esgotos devem ser considerados um recurso a ser aproveitado, devendo a sua utilização integrar uma política de gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, constituindo, além de outros benefícios, alternativa para o aumento da disponibilidade de água, principalmente em regiões onde há carência da mesma.

O continuado crescimento populacional, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a distribuição desigual dos recursos hídricos e as secas periódicas têm levado as agências de águas a buscar novas fontes hídricas para abastecimento. O uso de esgotos adequadamente tratados, atualmente lançados no ambiente a partir de estações de tratamento de esgotos municipais, tem recebido mais atenção como um recurso hídrico seguro. Em muitos lugares do mundo, como China, México, Israel, Austrália etc., o reuso de água já é um importante componente no planejamento e implementação de programas de recursos hídricos.

Para Mancuso e Santos (2003), o reuso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente. O que dificulta, entretanto, a conceituação precisa da expressão “reuso de água” é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reuso está sendo feito. De maneira geral, pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

De acordo com Hespanhol (2003), os sistemas de reuso de água para fins agrícolas, adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e de condições de saúde, dentre as quais: minimização das descargas de esgotos em corpos de água; preservação dos recursos subterrâneos; conservação do solo pela acumulação de húmus, aumentando a resistência à erosão; contribui, principalmente, em áreas carentes para o aumento

da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, a qualidade de vida e as condições sociais de populações associadas aos esquemas de reuso.

Sendo o reuso de água considerado uma opção inteligente no mercado mundial, a necessidade de aplicação desta tecnologia está no próprio conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais. As técnicas de reuso já existem e podem ser aplicadas de acordo com a necessidade, o custo e o objetivo que se deseja alcançar.

2.2 SISTEMA DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO (SLE)

A OMS reconhece que o tratamento de esgotos por SLE é a metodologia mais eficiente de remoção de organismos patogênicos e o mais recomendado para países em desenvolvimento, quando se visa o reuso na agricultura (WHO, 2006).

Um sistema bastante utilizado no tratamento de esgotos domésticos é o do tipo “australiano”, no qual existe uma lagoa anaeróbia seguida por uma facultativa, podendo ser inseridos, no final do tratamento, lagoas de maturação em série, promovendo um pós-tratamento, sobretudo na remoção de nutrientes e de organismos patogênicos. Entretanto, a presença de uma anaeróbia pode gerar maus odores. Outro tipo de rearranjo de lagoas de estabilização é aquele onde se tem uma lagoa facultativa primária, podendo a mesma ser seguida por lagoas de maturação; tal sistema torna-se viável pelo fato de não gerar maus odores, todavia, a área ocupada será bem maior do que a do sistema “australiano” (FABRETI, 2006).

A eficiente operação de lagoas de estabilização é a condição indispensável para se gerar um efluente com condições menos impactantes no meio ambiente, com baixos níveis de carga orgânica, nutrientes e organismos patogênicos. O destino irregular de um efluente tratado sem as mínimas condições de assimilação pela microbiota existente no local interfere em uma gama de fatores ambientais, seja qual for seu destino: solo, águas superficiais, águas subterrâneas etc. Por isso, deve-se controlar constantemente o comportamento de operação do sistema de tratamento de esgotos sanitários.

Andrade Neto (1997) e Nuvolari (2003) abordam que, para uma melhor operação, é importante que as condições ambientais estejam favoráveis, ou seja, que haja luminosidade abundante, ventos e poucas nuvens, já que muitos organismos depuradores necessitam de intensa luminosidade para melhores eficiências metabólicas.

2.3 CAPIM-ELEFANTE

O Capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é uma gramínea de origem africana, bem adaptada às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil, apresentando um grande número de variedades ou ecotipos, tais como: Napier, Mercher, Porto Rico, Albano Mineiro, Mole de Volta Grande, Gigante de Pinda, Mott, Taywan, Cameron, Vruckvona, Elefante roxo, Elefante Híbrido etc. (VILELA, 1998). A cultivar utilizada neste estudo foi o Capim-elefante-Roxo (*Pennisetum purpureum* Schumach), uma monocotiledônea que apresenta as seguintes características: origem na África; ciclo vegetativo perene; raiz fasciculada; folha paralelinérvea; altura da planta em crescimento livre, até 3,5 m; forma de crescimento ereto e cespitosa; pode ser usada como forragem, picada verde “in natura”, ensilagem, pastejo e fenação; digestibilidade e palatabilidade satisfatória.

2.4 BRIQUETES

O briquete é um bloco cilíndrico compacto, de alta densidade, composto por resíduos de madeiras em geral, como pó de serra, maravalhas, cavacos ou pedaços de madeira picadas, sem o uso de aglutinantes (GENTIL 2008). É utilizado para a queima em fornos, caldeiras, aquecedores, torradores e outros similares, pois seu poder calorífico é três vezes maior que o da lenha, cavaco ou biomassas diversas. A biomassa adensada a pressões de 100 Mega Pascal (Mpa) - ou mais - é denominada briquete quando tiver um diâmetro maior que 30 mm. Produtos densificados como esse, de dimensões menores, são denominados peletes (ALAKANGAS, 2006).

Estado da Arte da Briquetagem no Rio Grande do Norte

A produção de briquetes no RN encontra-se ainda bastante tímida, com apenas três fábricas em funcionamento: uma em Santa Luzia, distrito de Touros, com capacidade para 12-14 ton/dia; uma em Pureza, cuja capacidade é 30% maior que a anterior, podendo produzir entre 15-18 ton/dia; uma em Parelhas, com produção de 8 ton/dia, cujos briquetes são usados no próprio empreendimento ceramista, suprimindo sua demanda de energia em 60%.

Há previsão para conclusão de uma nova fábrica no IF de Ipanguaçu, que iniciará suas atividades em maio/13, com capacidade de 12-14 ton/dia. O material que será usado como biomassa é a palha de coco, o bagaço da cana-de-açúcar, o capim e a palha da carnaúba, extraída pelos carnaubeiros do Baixo-Açu.

Estes dados inferem que, no RN, serão produzidas diariamente, a partir de abril do corrente ano, 54 toneladas de briquetes, não representando muito quando se relaciona à quantidade que é necessária para atender à demanda dos empreendimentos no Baixo-Açu, mas é o caminho para melhorar essa produção em grande escala e contemplar toda a região do Vale do Açu e Seridó, que são polos ceramistas de alto consumo energético.

2.5 PODER CALORÍFICO

Poder calorífico define-se como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa de madeira. No Sistema Internacional é expresso em joules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama, divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante, e no qual é condensada, sendo o calor derivado da condensação recuperado; o inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após reduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989).

2.6 IMPACTOS AO BIOMA CAATINGA NO BAIXO-AÇU

O programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca/PAE constatou que mais de 40% das emissões de gases do efeito estufa registradas no território potiguar é devido à queima da lenha para abastecer os mais diversos segmentos produtivos, os quais fazem uso desse recurso como principal matriz energética (RIO GRANDE DO NORTE, 2010 p. 37), levando o estado ao sinal vermelho na condição de preservação da vegetação, cujo reflexo atinge, de forma severa, as populações locais, as quais, na sua grande maioria, não possuem recursos nem meios para reverter o processo. Portanto, deve-se priorizar o uso de fontes alternativas renováveis e promover a universalização do acesso ao uso de energias renováveis e limpas.

O desmatamento é incentivado, na grande maioria, pela indústria ceramista – setor consumidor de matérias-primas minerais e de insumos energéticos –, que se configura como uma importante fonte de renda em vários municípios, inclusive o de Pendências e outros pertencentes ao Baixo-Açu, além do Seridó potiguar. Outras atividades desenvolvidas nessa região, tais como padarias, pizzarias, queijarias, docerias, restaurantes e lares são consumidoras de lenha e carvão, oriundos da mata nativa da caatinga.

As informações apresentadas pelo Programa Nacional de Combate à Desertificação - PNCD (1995) permitem inferir que, no início dos anos noventa, a desertificação já tinha atingido 72,5% do território potiguar em níveis de intensidade variados e sinalizavam para estatísticas preocupantes.

Validando a informação anteriormente citada, dados do IBGE mostram que no ano de 2008 a região do Baixo-Açu consumiu 24.821 m³ de lenha, o que corresponde a 413,68 ha da floresta de caatinga devastada naquele ano (IBGE, 2010). Segundo o PAE (RIO GRANDE DO NORTE, 2010), nessa região, nos últimos 17 anos, foram consumidos cerca de 2.889.859 m³ de lenha.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em escala real, no período entre fevereiro e novembro de 2012, numa área de 1 hectare, no município de Pendências/RN, nas adjacências da estação de tratamento de esgotos. Foi criado em 1953, com área de 419,14 km²; fica distante 210 km da capital, Natal (FIGURA 1); tem 13.423 habitantes e densidade populacional de 32 hab/km² (IBGE, 2012); limita-se com os municípios de Macau (N e L), Alto do Rodrigues (S e O) e Carnaubais (O), (CPRM, 2005); sua localização no Brasil é Lat.5°15'36", Long.36°43'19" e Alt. 10m, na microrregião do Baixo-Açu, mesorregião do Oeste Potiguar; a precipitação pluviométrica média anual é de 603,6 mm/ano, de acordo com a EMPARN (RIO GRANDE DO NORTE, 2011); o período chuvoso estende-se de março a abril e a temperatura média é de 28 °C.



Figura 1 – Mapa de localização do município de Pendências (RN)

Fonte: as Autoras

3.2 CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

O tipo de solo predominante é o cambissolo eutrófico, de fertilidade média alta, textura arenosa, bem ou moderadamente drenado, de relevo plano. A tabela 1 mostra a classificação granulométrica do solo da área onde se deu o experimento com dois tratamentos diferenciados, o P1 refere-se à parcela irrigada diariamente e o P2 à parcela irrigada três vezes por semana.

Tabela 1 - Classificação granulométrica do solo da área experimental

Atributo/unidade	P1*	P2*
Areia (g.kg ⁻¹)	930	760
Argila (g.kg ⁻¹)	20	140
Silte (g.kg ⁻¹)	50	100
Classificação textural	Arenoso	Franco arenoso

*Pontos de instalação do experimento

3.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

A ETE, projetada para atender a uma população de 17.184 habitantes, está localizada a 1 km da zona urbana. O sistema de abastecimento de água é feito pela Companhia de Águas e Esgotos do RN (CAERN) e o esgoto, depois de tratado, é conduzido à área agriculturável, através de um emissário feito com tubo PVC de 200 mm com vazão de 16,1 L/s, medida pelo sistema de medidor automático para calha Parshal CIASEY/ITS 2000. O tratamento do esgoto coletado é feito através do sistema de lagoa de estabilização, composto por uma lagoa facultativa primária e duas de maturação em série. O sistema de lagoa de estabilização foi projetado para atender a toda a população de Pendências, porém a ETE ainda não está em sua plenitude, haja vista o município não ser 100% saneado. A tabela 2 mostra as características físicas e operacionais da ETE.

Tabela 2 - Características físicas e operacionais da ETE de Pendências/RN

Dados de projeto	LFP*	LM 01*	LM 02*
Vazão média m ³ /dia	2.333	2.333	2333
TDH (dias)	14	3	3
T média esgoto (°C)	27	27	27
Profundidade útil (m)	1,50	1,50	1,50
Largura média (m)	100	40	40,00
Comprimento médio (m)	250	125	125
Área útil p/ unidade (m ²)	25.000	5.000	5.000
Volume da Lagoa (m ³)	37.500	7.500	7.500

*LFP - lagoa facultativa primária; LM01- lagoa de maturação1; LM02 - lagoa de maturação 2

3.4 PREPARO DA ÁREA E SUBDIVISÃO DO EXPERIMENTO

Inicialmente, foi retirada a vegetação nativa e procedida a aração leve, seguida da abertura de sulcos para escoamento da água residuária em toda área experimental (FIGURA 2A) e a subdivisão do experimento em parcelas de 12x12m² (FIGURA 2B), com dois tratamentos diferenciados, irrigação contínua (duas) e alternada (uma), com disposição de esgoto no solo (escoamento à superfície) de 2,3 cm/dia. Abaixo, segue discriminação detalhada das parcelas:

a) *Tratamento 1 fase 1 (T1F1)* – fase que ocorreu entre fevereiro e julho de 2012, cuja parcela foi irrigada diariamente por quatro horas, iniciando entre 6-7h e finalizando entre 10-11h (exceto, sábado e domingo);

b) *Tratamento 1 fase 2 (T1F2)* – fase que ocorreu entre junho e novembro de 2012, na qual a parcela foi irrigada diariamente por quatro horas, iniciando entre 6-7h e finalizando entre 10-11h (exceto, sábado e domingo);

c) *Tratamento 2 fase única (T2Fúnica)* – fase que ocorreu entre maio e outubro de 2012, em que a parcela foi irrigada por quatro horas, três vezes por semana, iniciando entre 6-7h e finalizando entre 10-11h, nas segundas, quartas e sextas. A figura 2B mostra a delimitação de uma parcela do experimento.

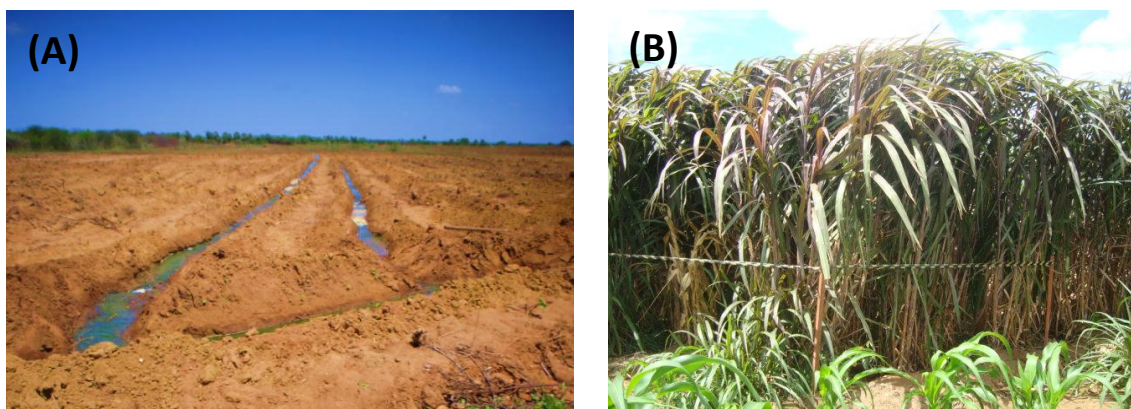


Figura 2 – (A) preparação de sulcos no solo (B) Parcela experimental

3.5 PLANTIO DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO (*Pennisetum purpureum Schumach*)

Antes do plantio, durante trinta dias, toda a área de um hectare recebera irrigação diária com efluente final da lagoa de maturação 02, a fim de uniformizar o teor de umidade no solo e a correção de deficiências nutricionais de nitrogênio, fósforo e potássio. As estacas (mudas) foram plantadas na horizontal entre 10-15 cm de profundidade, distantes 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras (GOMIDE, 1997).

3.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

A cada vinte dias, uma amostra de 10 plantas em cada tratamento fora selecionada aleatoriamente e analisada. Nas oito séries de mensurações (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 DAP), ao longo de cada fase, 80 plantas foram avaliadas, totalizando 240 plantas nas três fases, para análise de crescimento não destrutiva nas seguintes variáveis:

a) altura da planta (cm) – a altura da planta correspondeu à distância entre a superfície do solo e a extremidade superior da última folha;

b) diâmetro caulinar (cm) – o diâmetro do caule da planta foi determinado no nível do solo, utilizando-se um paquímetro metálico, com precisão de 0,05 mm;

c) largura da folha (cm) – a largura da folha foi medida com uma fita métrica, na parte mais larga;

d) tamanho da folha (cm) – semelhantemente à largura, o comprimento foi medido com fita métrica, da bainha até o ápice da folha.

Para o tratamento estatístico, foi aplicada a metodologia da técnica de análise multivariada, MANOVA, e o teste Traço de Hotelling, utilizado quando há mais de uma variável dependente (HAIR JR. et al., 2005).

3.7 DETERMINAÇÃO DE MASSA VERDE (MV) E MASSA SECA (MS)

O material coletado (caule e folhas) foi fracionado e pesado em balança eletrônica com precisão de 0,01g. Depois de pesadas, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel (furados para permitir a circulação do ar) e colocadas em estufa de circulação forçada, com temperatura de 75°C, por 24 horas, seguindo-se uma nova pesagem.

3.8 PRODUÇÃO DE BRIQUETES

Os briquetes foram confeccionados com o capim coletado 160 dias após o plantio, na fábrica em Santa Luzia, distrito de Touros/RN, numa briquetadeira LIPPEL, modelo BL-95. Os ensaios do poder calorífico foram realizados no Laboratório de Termodinâmica Experimental do Departamento de Engenharia Química da UFRN, segundo normas da ABNT NBR 8633/84 (BRASIL, 1984) e o manual de calorímetro PARR 1351.

O processo de briquetagem é feito compactando resíduos (>50 mm), no qual é destruída a elasticidade natural das fibras dos mesmos. Essa destruição pode ser realizada por dois processos: alta pressão e/ou alta temperatura. Sem essa "quebra" de elasticidade, os briquetes não são duráveis, sendo impróprios para o transporte e para a estocagem. A destruição das fibras faz com que a lignina atue como ligante das partículas da biomassa vegetal (VILELA, 2009).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 CRESCIMENTO DA PLANTA

Para Benincasa (1988), a análise de crescimento baseia-se, fundamentalmente, no fato de que 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo de seu crescimento, resultam da atividade fotossintética e o restante, da absorção de nutrientes minerais. O crescimento de uma planta pode ser estudado por meio de medidas lineares, como: altura da planta, comprimento, largura das folhas e diâmetro do caule etc. Com base no princípio de que o capim-elefante é potencialmente nutritivo, além de excelente fonte de biomassa para biocombustíveis, é que se

pensou em aumentar a produtividade no semiárido Potiguar, com a finalidade energética, sem desprezar a necessidade de alimentação animal, principalmente, em época de seca nesta região.

4.1.1 Altura da Planta

No *tratamento 1 fase 1* (T1F1) houve um aumento gradativo na altura da planta. A média de 324,0 cm foi atingida no 160º DAP (FIGURA 3). Este resultado está em consonância com as medidas encontradas por Marques (2004), em que os valores médios ficaram entre 313,0 e 326,0 cm de altura, com tratamentos diferentes, em experimento realizado com *Pennisetum purpureum Schum*, na ETE de Campina Grande/PB. Pode-se observar que, nesse tratamento com o capim irrigado diariamente, a maior taxa de crescimento foi 3,22 cm/dia entre os dias 100-120º DAP; a menor foi de 0,14 cm/dia entre os dias 140-160º DAP, mostrando com isso que, nesse período, a cultivar chegou ao seu valor máximo de crescimento vegetativo e já apresentava folhas secas;

No *tratamento 1 fase 2* (T1F2), também irrigado diariamente, houve um aumento gradativo na altura da planta. A altura média de 292,4 cm foi atingida no 160º DAP (FIGURA 3). Pode-se observar que, nesse tratamento, a maior taxa de crescimento foi 3,92 cm/dia, entre 120-140º DAP, a menor, foi de 0,46 cm/dia logo depois dos 140 DAP, mostrando queda brusca do crescimento logo em seguida ao período mais substancial do desenvolvimento da planta; essa desaceleração do crescimento está relacionada à maturação da planta.

No *tratamento 2 fase única* (T2F única) houve aumento gradativo na altura da planta, cuja média de 281,9 cm foi atingida no 160º DAP. Pode-se observar que, nesse tratamento com o capim irrigado três vezes por semana, a maior taxa de crescimento foi de 2,66 cm/dia entre 40-80º DAP, diferenciando das outras duas fases, nas quais o desenvolvimento máximo da planta se deu após os cem dias; no caso do menor crescimento de 0,28 cm/dia, se deu também subsequente ao período de maior taxa de crescimento depois do 80 DAP. Os dados da altura em função dos dias, após plantio, foi uma função polinomial do 1º grau, dessa forma ajustaram-se a uma reta que não passa pela origem. Analisando os gráficos, infere-se que os coeficientes angulares das retas têm inclinação próxima de 60º (FIGURA 3).

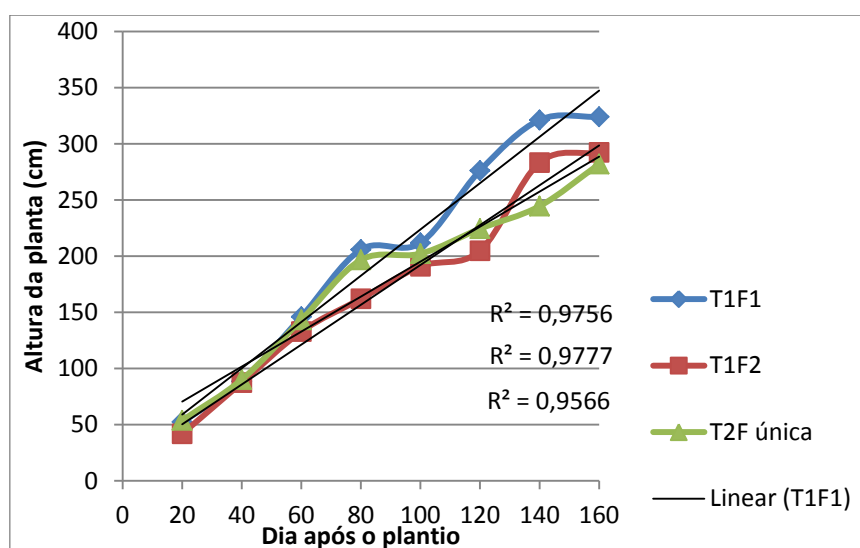


Figura 3 – Evolução da altura do capim-elefante nas três fases avaliadas

A taxa de crescimento diminuiu 140 DAP, significativamente, mostrando a chegada do período de senescência da planta, devido à produção dos componentes digestíveis que vão diminuindo e, conseqüentemente, aumentando a quantidade de fibras, condição ideal como matéria-prima do briquete – menos água e mais fibra; por esse motivo o corte foi feito com 160 DAP.

4.1.2 Diâmetro Caulinar (D_c)

Os maiores valores de diâmetro do colmo foram observados aos sessenta dias em T1F1 (2,3cm), T1F2 (1,9 cm), com irrigação contínua, e T2F única (2,1 cm), irrigação alternada. Aos 80 DAP, foi observada uma diminuição no diâmetro do colmo (FIGURA 4), independente do tipo de tratamento (irrigação), em um percentual de 26, 5 e 13 %, respectivamente, em todas as fases. Essa diminuição do colmo, durante o experimento, está relacionada ao fato do capim-elefante ser uma planta cespitosa, ou seja, que cresce em touceiras (PRIMAVESI, 1993), o que vai aumentando o número de perfílios no mesmo espaço, ocasionando a diminuição do diâmetro dos mesmos. Este resultado está de acordo com os estudos realizados por Nascimento (1997), que trabalhou com a mesma cultivar.

O menor diâmetro registrado neste trabalho se deu na fase T1F1, que foi 1,5 cm no 20^o DAP, coincidentemente, a mesma fase onde se deu o maior diâmetro (2,3 cm). Valores similares foram registrados por Marques (2004), em experimento com *Pennisetum purpureum Schum*, feito com diferentes lâminas de água residuária, no entorno da ETE de Campina Grande/PB, cujos valores do diâmetro máximo foram 1,95 cm e mínimo 1,44cm. A curva que melhor se ajustou ao diâmetro caulinar foi a de um polinômio do 4^o grau, dado através da expressão encontrada no T1F1: $y = -2E-08x^4 + 1E-05x^3 - 0,0017x^2 + 0,1151x - 0,6357$

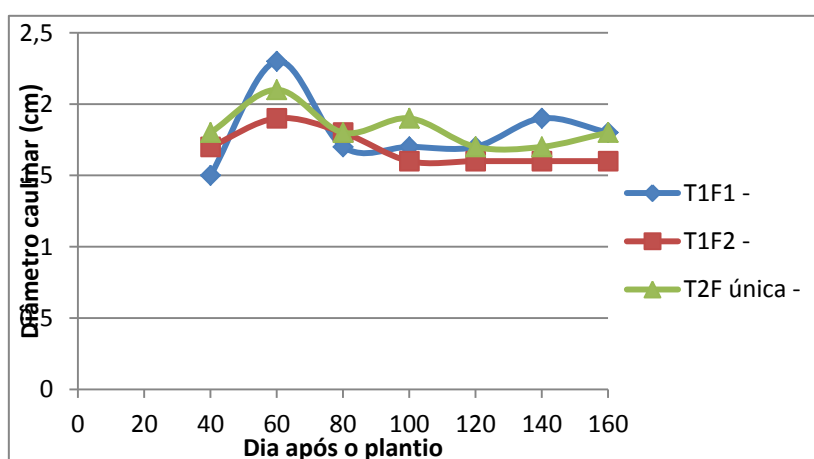


Figura 4 – Variação do diâmetro caulinar do capim-elefante nas três fases

4.1.3 Largura da folha

A largura da folha, no tratamento T1F1, alcançou média de 3,9 cm aos 160 DAP; no entanto, aos 120 dias foram observados 4,2 cm (FIGURA 5), embora isto possa ser explicado, tendo em vista que as mensurações foram feitas aleatoriamente nas parcelas e não contemplavam sempre as mesmas plantas; uma mesma medida (4,5 cm) para a fase T1F2 e T2F

única foram registradas. Conclui-se que o sistema de irrigação não alterou esse parâmetro de crescimento e difere das medidas de Carvalho (1985) em 0,2 a 0,5 cm, onde relata que o capim-elefante possui folhas largas que podem chegar a 4 cm. Vale ressaltar que houve registro de folhas com até 5 cm da largura nesta pesquisa.

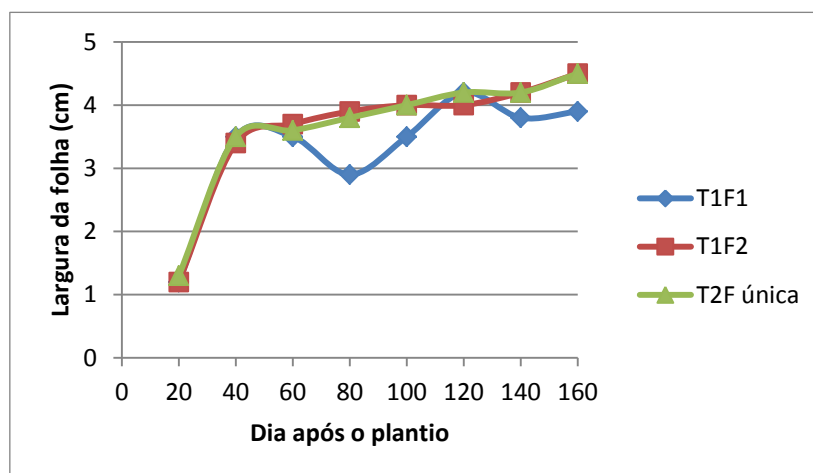


Figura 5 – Variação da largura das folhas do capim-elefante nas três fases

4.1.4 Tamanho da folha

O tamanho atingido pela folha do capim foi de 93,7, no T1F1; 99,0, no T1F2, e 99,6, no T2Fúnica, como mostra a figura 6, máximo atingido 160 DAP. As folhas do capim-elefante podem atingir 1,30 m de comprimento, com várias tonalidades de verde, além do roxo, glabras ou com pelos (CARVALHO. 1985). O decréscimo no T1F1, dos 140 aos 160 DAP, pode estar relacionado ao auto-sombreamento, que aumenta a interferência entre plantas e entre as próprias folhas da mesma planta, diminuindo a ação fotossintética e, conseqüentemente, reduzindo o crescimento foliar.

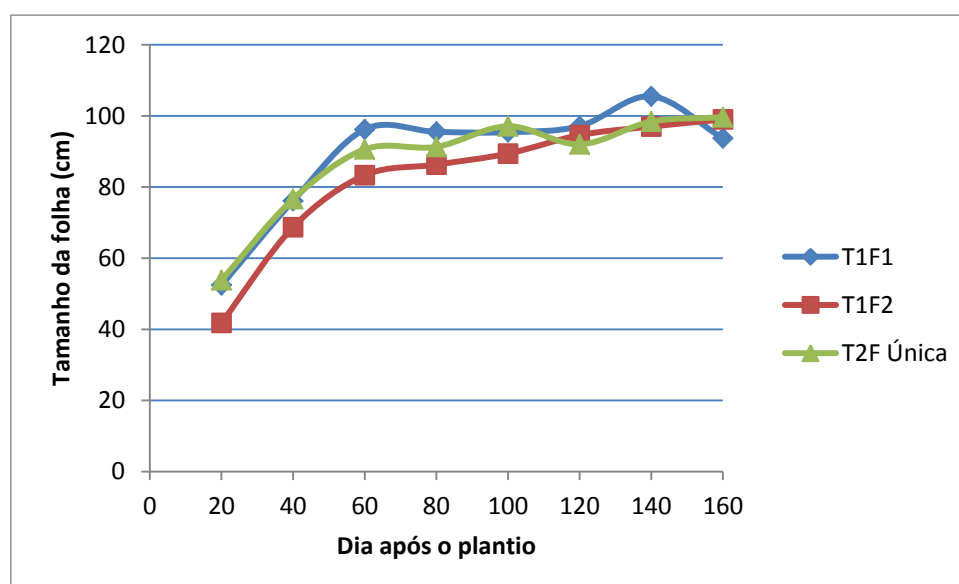


Figura 6 – Variação do tamanho da folha do capim-elefante nas três fases

4.1.5 Análise estatística

O Boxplot da figura 7 mostra que, aparentemente, não existe diferença estatisticamente significativa entre as distribuições em cada tratamento – irrigação contínua (A) e alternada (B) –, em relação ao diâmetro caulinar, largura da folha e tamanho da folha. Há exceção na variável altura da planta, que demonstra ser melhor no primeiro tratamento.

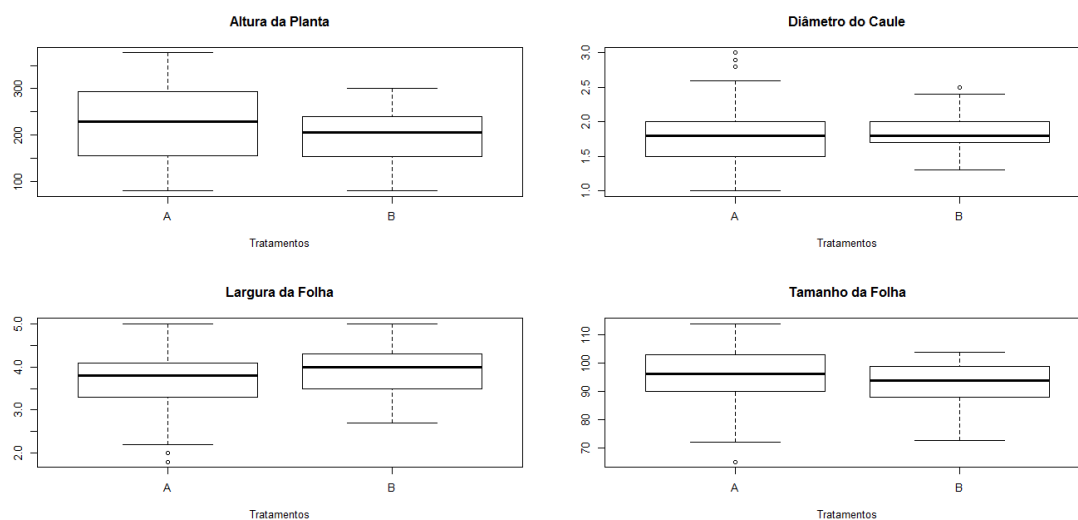


Figura 7 – Boxplot das variáveis nos tratamentos A e B

Fonte: as Autoras

4.2 PRODUTIVIDADE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO

4.2.1 Produtividade de matéria verde X seca

A quantidade de massa verde produzida foi 136 ton/ha, tanto no T1F1 como no T2Fúnica, ou seja, nos dois tipos de tratamentos. No T1F2, a produção de massa verde foi menor, com aproximadamente 121,6 ton/ha (TABELA 3), embora o tratamento tenha sido o mesmo do T1F1. O resultado nas três fases acompanhadas sugere que o efluente é excelente para cultivo do capim-elefante-roxo, haja vista a produção, em termos quantitativos, ter se revelado bastante promissora para produção da forrageira.

Comparando a produtividade com os resultados de Marques (2004), observa-se que a maior encontrada por ele foi de 40,12 ton/ha, salientando que o corte do capim, no referido trabalho, foi feito com 110 dias, o que difere deste, que foi feito o corte com 160 dias após o plantio. Resultados que não podemos inferir uma relação direta com os apresentados por este, dadas às condições diferenciadas de tratamento em ambos.

A quantidade de massa seca obtida neste estudo em ton/ha foi de 43,5 (T1F1); 39 (T1F2) e 37 (T2Fúnica), respectivamente, (TABELA 3). Este resultado mostra-se bastante satisfatório,

tendo em vista estar em concordância com a literatura, que registra uma produção entre 20 e 40 ton/ha (BENINCASA, 2003).

Resultados de MS bastante diferenciados, com relação a este, foram obtidos por Santos (1997), em pesquisa desenvolvida também com o *Pennisetum purpureum*, na ETE de Guarabira/PB, cuja produtividade do capim foi no máximo 13,08 ton MS/ha. Cabe ressaltar que as condições do trabalho de Santos não foram as mesmas desta pesquisa.

Com o corte do capim a cada 160 DAP, tem-se a vantagem de obter duas safras por ano, o que significa o dobro da produção, uma vez que o esgoto é um recurso sempre disponível. A boa produção pode estar relacionada às condições climáticas ocorridas durante a condução do experimento com temperatura do ar elevada, média de 32 °C até o fim do período de estudo, condição favorável ao crescimento do capim, apesar da pouca pluviosidade no período. O ano de 2012, na região Nordeste, foi de pouquíssimas chuvas, tendo sido registrado no município de Pendências, pela CPRM (Brasil, 2013), um volume de 212,8 mm de precipitações, concentradas entre janeiro e julho, com maior concentração no mês de fevereiro (106,8 mm), havendo realmente uma grande necessidade de uso do esgoto para que tivesse uma produção suficiente para alimentação animal, o que de fato ocorreu com a grande estiagem nesse período, sendo o capim a única fonte de alimento para o gado do proprietário da terra onde estava instalado o experimento, bem como dos amigos da vizinhança.

Tabela 3 – Produtividade de MV e MS do Capim-elefante-Roxo com dois tipos de tratamentos

Tratamentos	T1F1*	T1F2/*	T2F única**
Massa verde/ton/ha	136	121,6	136
Massa seca/ton/ha	43,5	39	37
MS %	32	32	27,5

*Irrigação diária; ** irrigação 3X por semana

A biomassa (MS) do capim é matéria-prima para confecção de briquetes (FIGURA 7), podendo ainda ser constituídos de resíduos sólidos da indústria ou da agricultura, tais como: bagaço e palha de cana, casca e palha de coco seco e da palha da carnaúba, muito utilizada no Baixo-Açu.

4.2.2 Determinação do poder calorífico

Ensaio do Pc do briquete de Capim-elefante-Roxo, aqui apresentados (TABELA 4), comungam com valores encontrados por Vilela (2009), que foram de 4298,40 cal/g.

Estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA apud ROCHA, et al (2009) revelam que briquetes (FIGURA 8) de capim liberam 34% mais calor que o cavaco de madeira durante a queima em caldeira e, ainda, que o baixo teor de umidade do briquete de capim, cerca de 20% menos que o cavaco, o torna uma das melhores alternativas de biomassa para queima em alto-forno.

Tabela 4 – Poder calorífico do briquete de capim-elefante

Ensaio	Poder cal. (cal/g)	Ensaio	Poder cal. (cal/g)
1	4041,674	6	4147,735
2	4210,457	7	4000,992
3	4117,524	8	4094,117
4	4155,902	9	4251,041
5	4076,791	10	4202,690
Valor médio		4129,892	

O problema emblemático no Baixo-Açu, com a retirada da mata nativa para várias atividades, como: indústrias ceramistas, carvoarias, padarias, restaurantes e residências, mostra o consumo predatório dos recursos florísticos da caatinga e se dá pelos “baixos” valores pagos pela lenha. Os impactos desse processo, presentes em maior ou menor grau nas atividades desenvolvidas nessa região, vêm alterando suas estruturas produtivas e exaurindo um modelo que predominou e acirrou a degradação da caatinga. A substituição da queima de lenha pelo briquete nas cerâmicas e nas demais atividades, não só no Baixo-Açu como também no Seridó Potiguar, vai minimizar substancialmente - ou até mesmo acabar - com a pressão sobre o bioma, tão degradado e ameaçado de perecer.



Figura 8 – Briquete de capim- elefante

4.3 ANÁLISE DO SOLO NA ÁREA DO EXPERIMENTO

As análises dos elementos físicos e químicos do solo foram feitas antes do lançamento do efluente (jan/12), e no período experimental - entre fevereiro e novembro de 2012. Percebe-se

que houve um aumento da matéria orgânica em 417,3% do início ao final das três fases; N, P e K aumentaram 114, 266 e 14 %, respectivamente, demonstrando com o resultado (TABELA 5) que os macronutrientes essenciais ao crescimento do capim estão presentes no solo em quantidade suficiente para suprir a necessidade nutricional requerida pela planta. O elevado teor de sódio pode estar relacionado ao pouco volume de chuva na região durante o período experimental, apenas 212,8 mm, facilitando a concentração desse elemento no solo. A quantidade de nitrogênio orgânico, fósforo total e potássio lançado pelo efluente da lagoa de maturação² no solo é de 4; 15,3 e 271 Kg/dia, em toda extensão da área de um ha.

Tabela 5 – Elementos físicos e químicos do solo da área experimental

Atributos	*Jan/12	Fev/12	Mai/12	Jul/12	Set/12	Nov/12
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	1,73	2,6	3,4	6,3	3,2	5,2
Carbono (g.kg ⁻¹)		0,38	0,37	0,40	0,42	0,43
Fósforo (mg.dm ⁻³)	3,0	14	7	7	11	11
Hidr + alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	1,71	0	0	0	0	0,83
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	0,46	1,07	1,23	1,25	1,57	1,4
Matéria orgânica	3,0	6,88	8,28	17,24	18,07	15,52
Nitrogênio (g.dm ⁻³)	0,27	0,42	0,44	0,62	0,44	0,58
pH em água (1: 2,5)	5,90	7,62	7,16	7,77	7,18	6,81
Potássio (mg.dm ⁻³)	49	41	48	56	49	56
Sódio (mg.dm ⁻³)	40	276	323	452	331	519

4.4 ANÁLISE DO EFLUENTE

A tabela 6 mostra o comportamento do efluente na lagoa de maturação 02, ao longo do experimento, onde foram monitorados diversos parâmetros **físico-químicos**, tais como: potencial hidrogênio iônico (pH), sólido suspenso total (SST), nitrogênio (N), fósforo total (Pt), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg); e **microbiológico**, coliformes termotolerantes (C term).

Algumas variáveis são de extrema significância para o crescimento da planta. O pH é um desses índices, que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso das águas de irrigação, o pH ideal é entre 6,5 e 8,4 (AYERS; WESTCOT, 1991). Na tabela 6, o valor médio (8,2) do pH demonstra que o efluente encontra-se dentro dos limites estabelecidos pelos autores acima citados.

Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos e microbiológico do efluente - Lagoa de maturação 2

Parâmetro	pH	SST	N	Pt	K	Na	Ca	Mg	Cterm
Média	8,2	132	2,8	11	195	446,5	159,5	88,9	1,61E+04
Dv Pad.	0,384	72,4	1,59	12,61	282,3	331,5	60,6	133,5	1,19E+03
Máximo	9,0	327	7,7	54,0	785	1062,0	277	452	7,80E+04
Mínimo	7,4	60	1,7	0,5	6	42,0	93	5	7,90E+01

O nitrogênio é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade e o que mais limita o crescimento. Sua deficiência pode reduzir o crescimento da planta; o fósforo participa de vários processos metabólicos, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação do N₂ (ARAÚJO; MACHADO, 2006); o potássio tem função importante no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (MEURER, 2006). Os valores desses elementos encontrados no efluente da lagoa de maturação 2 é da ordem de 4 Kg de nitrogênio, 15,3 Kg de fósforo e 271 Kg de potássio, por dia. A redução de coliformes termotolerantes do efluente bruto para a lagoa de maturação 2 é, em média, 7,5 log, que corresponde a 1,61E+04, valor ainda bastante significativo.

5 CONCLUSÃO

A alta produtividade do capim-elefante-roxo, nas três fases analisadas, resultando em 136, 121,6 e 136 ton/ha de massa verde, respectivamente, demonstrou que o efluente tratado em lagoas de estabilização contribui para o crescimento substancial da cultivar.

A grande quantidade de massa seca obtida 43,5 (32%), 39 (32%) e 37 (27,5%) ton/ha pode revelar a influência da alta evapotranspiração ocorrida, especialmente no ano de 2012, haja vista a seca severa que assolou o semiárido, atingindo uma temperatura média de 32 °C, que inclui o município de Pendências. O tratamento 2 se revelou mais interessante, pois a quantidade de massa verde é igual ao primeiro tratamento e exige menos mão-de-obra.

Este resultado pode servir de incentivo para outros trabalhos nos municípios do semiárido brasileiro, bastando para isso que os gestores públicos, juntamente com as companhias de abastecimento, se empenhem em conduzir o esgoto até as terras no entorno das ETEs, podendo os governos estaduais incentivar os agricultores com a criação de “distritos de reuso”, onde o terreno pode ser arrendado e o esgoto vendido como água de inferior qualidade para irrigação, facilitando, assim, uma utilização de fato, com assistência técnica e segurança para os trabalhadores, trazendo benefícios para a sociedade e para o meio ambiente. Essa prática em muito contribuirá, também, para matar a fome do rebanho no interior do Brasil, o que certamente fará a diferença nos períodos de secas na região, cuja média de chuva é de pouco mais de 600 mm/ano.

Além de Pendências, a produção de briquetes de Capim-elefante irrigado com água residuária é viável em outros quatro municípios do Baixo-Açu, (Açu, Afonso Bezerra, Carnaubais e Macau), pois eles já dispõem de ETes.

A fábrica de briquetes, montada no IFRN/Ipangaçu, criada para fortalecer o capital social da região do Baixo-Açu, deve cumprir seu papel de contribuir com a inclusão social. Porém, a administração deve ser de forma cooperativa, incluindo os agricultores produtores de biomassa e técnicos da briquetagem.

REFERÊNCIAS

ALAKANGAS, E. Eubionet 2. **CEN-Technical specifications for solid biofuels** - Fuel and classes and fuel quality assurance. Working Group 2, TC 335. Finland. 2006.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgoto sanitários** – experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. In: Manlio Silvestre Fernandes (editor). **Nutrição Mineral de Plantas** – Cap. X - Fósforo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa/MG. 2006, 432p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Populaçãocenso2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/censo2010/resultados>. Acesso em 17/11/2012.

BRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico, 1984.

CARVALHO, M.M. de; CRUZ FILHO, A.B. da. **Estabelecimento de Pastagens**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1985. 46 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea/RN**. Diagnóstico do município de São José do Seridó-RN. CPRM/PRODEEM, Recife, 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil disponível. **Dados pluviométricos**. em <<http://www.cprm.gov.br>> Acesso em 29/01/2013.

FABRETI, A. A. **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Dissertação.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. Brasília, 2008. Tese de Doutorado.

GOMIDE, J.A. **Formação e utilização de capineira de capim-elefante**. In: CARVALHO, M.M.; ALVIN, M.J., XAVIER, D.F. et al. (Eds). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa–Gado de Leite. 2ª ed. 1997, p.81–115.

HAIR Jr. J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman. 5. ed. 2005.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. 576p.

MARQUES, B. C. D. **Estudo potencial produtivo do Capim elefante sob diferentes lâminas com água residuária tratada**. Campina Grande/PB: 2004. 74p. Dissertação de Mestrado.

MEURER, E. J. In: Manlio Silvestre Fernandes. **Nutrição Mineral de Plantas – Cap. XI - Potássio**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa/MG. 2006, 432p.

MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Contribution of biological nitrogen fixation do elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum)**. Plant and Soil, v.349, p.1-12, 2011.

MOTA, S. et al. **Reuso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: UFCE/Centro de Tecnologia, 2007. 350p.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M. **Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo**. Revista de Biologia e Ciência da Terra. V. 9 – n°. 2 – 2º Semestre. 55-67 p.

RIO GRANDE DO NORTE. **PAE – Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. MMA, 2010.

RIO GRANDE DO NORTE – Companhia de Água e Esgotos do RN - CAERN. **Relatório técnico**. 2010.

RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN. **Precipitação pluviométrica**. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia/acumulado_chuvas>. Acesso em 26/11/2011.

ROCHA, E. P. A.; SOUZA, D.F.; DAMASCENO, S. M. **Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno**. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação científica. Uberlândia, MG. 2009.

SANTOS, A. V. **Rendimento do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com água residuária tratada**. Campina Grande/PB: UFPB. 1997. 112p. Dissertação de Mestrado.

VILELA, H. **Formação e adubação de pastagens**. Viçosa: Aprenda Fácil. 1998. 110p.

VILELA, H. **Produção de briquetes de capim elefante**. Portal Agronomia. 2009.

WHO. **Guidelines for the use of wastewater, excreta and greywater**. Vol. 2. Wastewater use in agriculture. Geneva: World Health Organization, 2006.