



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS



**VANDA MARIA SARAIVA**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE CAPIM-  
ELEFANTE-ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DA ETE DE PENDÊNCIAS – RN**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**Mai 2013**

**VANDA MARIA SARAIVA**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE CAPIM-  
ELEFANTE-ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DA ETE DE PENDÊNCIAS – RN**

**Tese submetida ao Programa de Pós-  
Graduação em Recursos Naturais da  
Universidade Federal de Campina Grande–  
UFCG, em cumprimento às exigências para  
obtenção do título de Doutora em Recursos  
Naturais.**

**Área de Concentração:** Processos Ambientais

**Linha de Pesquisa:** Qualidade, Tratamento e Uso de Resíduos Ambientais

**Orientadora:** Dr.<sup>a</sup> Annemarie Konig

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2013**

S243a Saraiva, Vanda Maria.

Avaliação ambiental da produção de briquetes de capim-elefante-roxo irrigado com efluente da ETE de Pendências - RN. / Vanda Maria Saraiva. - Campina Grande - PB: [s.n], 2013.

134 f.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup>. Annemarie Konig.

Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Reuso da água - agricultura. 2. Briquetes - produção. 3. Capim elefante roxo. 4. Águas poluídas - reuso. 5. Pennisetum purpureum Schumach. 6. Irrigação com águas residuárias. 7. Efluentes - aproveitamento. 8. Lenha artificial - produção. 9. Biocombustível. 10. Caatinga - Desmatamento. 11. Lagoa de maturação - efluentes. 12. Fontes de energia - caatinga. 13. Lenha - ecológica - briquete. 14. Recursos naturais - caatinga. I. Konig, Annemarie. II. Título.

CDU:628.381(043.3)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

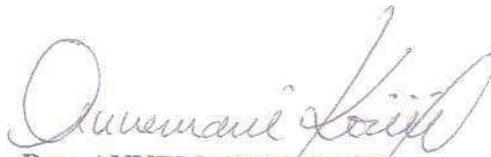
Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

VANDA MARIA SARAIVA

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE CAPIM-ELEFANTE-  
ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DE ETE DE PENDÊNCIAS – RN

APROVADA EM: 27/05/2013

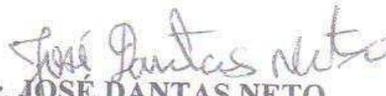
BANCA EXAMINADORA



**Dra. ANNEMARIE KONIG**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. JOSÉ DANTAS NETO**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dra. ANTONIA ARISDELIA MATIAS AGUIAR FEITOSA**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. LUIS PEREIRA DE BRITO**  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

À minha filha Clara, pelo amor incondicional e admiração. Ao meu esposo, Nuremberg, pela paciência e compreensão durante a realização deste trabalho. Aos meus pais, Chicola (*in memoriam*) e Mercídia, por terem me dado oportunidade de chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para galgar mais esse degrau na minha vida.

À professora Annemarie Konig, pela brilhante orientação com profissionalismo, dedicação e amizade.

A toda minha família: irmãos(ãs), tios(as), primos(as) e sobrinhos(as), por acreditarem na realização dos meus ideais.

À Universidade Federal Campina Grande e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, que, juntos, possibilitaram a realização do Doutorado Interinstitucional (DINTER).

À CAPES, por promover a parceria DINTER entre o IFRN e a UFCG que possibilitou a realização do doutorado.

Aos colegas do doutorado: Américo, Agripina, Érika, Gerda, Leci e Milton pelo apoio e amizade compartilhando as alegrias, angústias e ansiedades durante todo o curso.

Ao Sr. Zedequias, por tão gentilmente ter cedido à área para que eu pudesse desenvolver a pesquisa.

Aos bolsistas, Ruan Otávio, Wendell Marcel e Carla Sales, que contribuíram nas análises do efluente.

Aos parceiros do projeto Caatinga Viva: ANEA, PETROBRÁS AMBIENTAL, IFRN, e em especial à CAERN, que possibilitou a realização das análises do efluente e o transporte para Pendências.

Ao Sr. Beto, que pacientemente, cuidou do solo, irrigou o capim e contribuiu numa fase importante para a pesquisa.

À Anne Keitty Sousa, por ter me ajudado muitas vezes na formatação da tese.

A Douglasnilson, que estava sempre facilitando a preparação do material para análise, no laboratório.

À Diretoria de Pesquisa do IFRN, pela contribuição no sentido da parceria com a UFCG para que o DINTER fosse viável, bem como a grande ajuda nas pesquisas dos doutorandos.

*A Caatinga vive a teimosia de resistir, para existir!*

## RESUMO

O cultivo do capim-elefante-roxo irrigado com água residuária tratada pode dar uma grande contribuição para minimizar o problema do desmatamento do semiárido, do lançamento de esgotos no solo e nos corpos hídricos da região do Baixo-Açu-RN, além de servir de biomassa para fins energéticos (produção de lenha artificial), pois é uma das forrageiras de mais alto potencial produtivo, cujo briquete produzido a partir de sua biomassa tem excelente poder calorífico. Este trabalho teve como objetivo geral fazer uma avaliação ambiental da produção de briquetes a partir do capim-elefante-roxo, irrigado com efluente final da estação de tratamento de esgoto do município de Pendências-RN. O experimento foi conduzido de fev a nov de 2012, em escala real, numa área de 1 ha, localizada adjacente à ETE. O delineamento experimental foi casualizado com parcelas de 12m x 12m e irrigado diariamente (T1 fase 1 e T1 fase 2) e irrigação alternada – três vezes por semana (T2). A avaliação do efluente final foi feita através do monitoramento de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, de acordo com APHA (2005). O capim foi cortado de subparcelas (9m<sup>2</sup>), 160 dias após o plantio, para avaliar o teor de MS, por método gravimétrico, e a biomassa utilizada para fabricação de briquetes, numa briquetadeira mod. BL-95, com temperatura acima de 170 °C e pressão de 100 Mpa. O poder calorífico do briquete foi determinado pelo método Bueno e Degréve (1980), expresso em Kcal/kg. As análises dos parâmetros físico-químicos do solo foram realizadas pela EMPARN, de acordo com o método de Silva (2009). Para avaliar o melhor tratamento de irrigação foi feita análise estatística multivariada MANOVA e para a análise qualitativa das entrevistas foi utilizado o método SPSS. O efluente apresentou salinidade alta (C3) e risco de sodificação baixo (S1). A ETE promoveu uma redução de 7,5 unidades log na concentração de coliformes, produzindo um efluente adequado para irrigação irrestrita. A produtividade do capim-elefante-roxo foi elevada com 37, 39 e 43,5 t/ha, de matéria seca nas 3 fases, com poder calorífico médio de 4.170 Kcal/kg, em base úmida de 7%. O solo, ao final do experimento se mostrou salino-sódico (T1) e salino (T2), sem afetar a produtividade do capim, sendo atribuído às poucas chuvas ocorridas durante o experimento, que favoreceu a evaporação do esgoto tratado no solo contribuindo para ascensão dos sais na camada do solo de 0-20 cm; a fertilidade aumentou em até 370% no T1 e 212,5 % no T2. Em relação à substituição da lenha pelo briquete no Baixo-Açu, 85% dos empresários afirmaram estar dispostos a fazê-la.

**Palavras-chave:** Briquetes. *Pennisetum purpureum Schumach.* Uso de esgotos. Caatinga. Biocombustível.

## ABSTRACT

The cultivation of purple elephant grass irrigated with treated wastewater can make a major contribution to minimize the problem such as deforestation in semi-arid regions and discharge of sewage in soil and rivers. Besides, due to its high yield potential and calorific power, it can be used as biomass for energy in the forms of briquettes. This work aimed to make an environmental assessment of briquettes production with purple elephant grass, irrigated with a final effluent of a waste stabilization pond series located in the city of Pendências–RN, northeast region of Brazil. Full scale experiments were performed from february to november 2012, in an area of 1 ha, adjacent to the waste stabilization pond series. The experimental design was randomized with plots of 12 m x 12 m with daily irrigation (T1F1 and T1F2) and three times per week irrigation (T2). The treated effluent and soil were characterized based on the monitoring of physic-chemical and bacteriological parameters, according APHA, (2005). The grass was cut in sub plots of 9m<sup>2</sup>, after 160 days of planting, to evaluate the drought mass content. Briquettes were produced by a BL-95 model briquetter, at 170°C and pressure of 100 Mpa, and then the calorific power was determined. Multivariate statistical analysis was used to evaluate the best irrigation treatment and qualitative analysis of the interviews the SPSS method was performed. The WSPS final effluent presented high salinity (C3) and low risk sodification (S1), which according to the Riverside diagram the restriction for agricultural use is mild to moderate. The WSPS promoted a reduction of 7.5 log units in thermo-tolerant coliform, producing an effluent suitable for unrestricted irrigation. The productivity of grass was high (37, 39 and 43.5 t/ha of drought mass, in treatments T1 and T2) with a 7% wet basis calorific power of up to 4,170 Kcal/kg. By the end of the experiments, the soil showed saline-sodic and saline characteristics for treatments T1 and T2, respectively, however, without affecting the productivity of grass, being attributed to low rainfalls during the experimental period, which favored the evaporation of treated sewage on the ground contributing to the rise of salts in the first 0-20 cm soil layer. Soil fertility increased by up to 370% in T1 and 212.5% in T2. Regarding the substitution of firewood by briquette in the Baixo-Açu region, 85% of entrepreneurs said they were willing to do it.

**Keywords:** Briquettes. *Pennisetum purpureum Schumach.* Use of sewage. Caatinga. Biofuel.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1	Mapa de localização do município de Pendências–RN	45
Figura 3.2	Mapa de localização da ETE e área de reuso/Pendências–RN	46
Figura 3.3	Preparação do solo na área do experimento	47
Figura 3.4	Demonstração da subparcela onde foi feito o corte do capim na área experimental	52
Figura 3.5	Máquina de adensamento do material (briquetadeira)	53
Figura 3.6	Corte do briquete após resfriamento	54
Figura 4.1	Visão da total da parcela T2 no dia do corte do capim aos 160 dias	71
Figura 4.2	Boxplot das variáveis nos tratamentos A* e B**	74
Figura 4.3	Análise residual do teste de Hotelling, pelo gráfico do Qui-Quadrado (cm)	75
Figura 4.4	Briquete e pelete de capim-elefante-roxo	87
Figura 5.1	Forno abastecido com lenha em cerâmica do Baixo-Açu	97
Figura 5.2	Caminhão carregado com lenha retirada da Caatinga na RN-118	100
Figura 5.3	Área com aspecto desértico na rodovia entre os municípios de Pendências e Porto do Mangue	103
Figura 5.4	Emissão de poluentes na atmosfera, por cerâmica do Baixo-Açu	106
Gráfico 4.1	Índice pluviométrico do ano de 2012 e média dos últimos 23 anos no município de Pendências–RN	57
Gráfico 4.2	Valores de nitrogênio amoniacal e orgânico no efluente - fev e nov de 2012 de Pendências–RN	63
Gráfico 4.3	Valores do fósforo total no efluente - fev e nov/12 de Pendências–RN	64
Gráfico 4.4	Valores do potássio no efluente - fev e nov/12 de Pendências–RN	65
Gráfico 4.5	Variação da altura do capim-elefante-roxo nas três fases	70
Gráfico 4.6	Variação do diâmetro caulinar do capim-elefante-roxo nas três fases	72
Gráfico 4.7	Variação da largura das folhas do capim-elefante-roxo nas três fases	72
Gráfico 4.8	Variação do tamanho da folha do capim-elefante-roxo nas três fases	73
Gráfico 5.1	Gênero dos participantes da pesquisa no Baixo-Açu	94
Gráfico 5.2	Nível de escolaridade de empresários do Baixo-Açu	96
Gráfico 5.3	Tipos de energias utilizadas pelos estabelecimentos do Baixo-Açu	97
Gráfico 5.4	Árvores mais utilizadas como lenha ou carvão	99
Gráfico 5.5	Conhecimento de que a caatinga é exclusiva do Brasil	101
Gráfico 5.6	Conhecimento de que o bioma caatinga está desaparecendo	102
Gráfico 5.7	Usaria fontes de energias menos nocivas por um custo maior que o atual	105
Gráfico 5.8	Maiores dificuldades de acesso à lenha no Baixo-Açu	107
Gráfico 5.9	Necessidade de mudança da fonte de energia no Baixo-Açu	108
Gráfico 5.10	Conhecimento dos empresários do Baixo-Açu sobre o briquete	109
Gráfico 5.11	Empresários do Baixo-Açu deixaria de utilizar a lenha pelo briquete	111
Gráfico 5.12	Conhecimento dos empresários do Baixo-Açu sobre o que é reuso de água	112
Quadro 2.1	Padrões microbiológicos para reuso de águas residuárias (OMS)	32
Quadro 2.2	Características físicas e composição do briquete	38
Quadro 3.1	Demonstrativo das fases, horário e dias de irrigação do capim	47
Quadro 3.2	Parâmetros, técnicas e referências utilizadas nas análises do efluente	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Características construtivas e de projeto da ETE/Pendências– RN	46
Tabela 3.2	Percentual de remoção de Cterm de acordo com a quantidade de unidades log removidas	49
Tabela 3.3	Classificação de solos com problemas de sais	51
Tabela 4.1	Valores médios da C.E. STD, Te e RAS encontrados no efluente da LM2-ETE de Pendências–RN e os limites segundo as diretrizes de Ayers e Westcot (1991) - fev a nov de 2012	58
Tabela 4.2	Valores médios dos elementos químicos encontrados no efluente de Pendências–RN entre fev e nov/2012	61
Tabela 4.3	Valores de coliformes termotolerantes no esgoto bruto e efluente final de Pendências–RN - fev a nov/2012	66
Tabela 4.4	Médias encontradas das variáveis: altura da planta, diâmetro caulinar, largura e tamanho da folha do capim-elefante-roxo, em três ciclos, com dois tratamentos	69
Tabela 4.5	Comparações individuais usando o teste t-student	75
Tabela 4.6	Produtividade de MV e MS do capim-elefante-roxo nos três ciclos	76
Tabela 4.7	Número mais provável de coliformes termotolerantes nas três fases de crescimento do capim-elefante-roxo – fev a nov/2012 - Pendências–RN	79
Tabela 4.8	Parâmetros do solo monitorados noT1 - jan a nov/12 – Pendências–RN	80
Tabela 4.9	Classificação do solo quanto à salinidade no T1 de acordo com Richards (1954) - jan a nov de 2012 - Pendências–RN	80
Tabela 4.10	Valores da RAS do extrato de saturação do solo registrados em T1 - jan a nov de 2012 - Pendências–RN	82
Tabela 4.11	Evolução dos teores de nutrientes do solo na área de irrigação diária T1, antes, durante e no final do experimento – jan a nov de 2012 – Pendências–RN	83
Tabela 4.12	Parâmetros do solo monitorados no T2 - jan a nov/12 – Pendências–RN	83
Tabela 4.13	Classificação do solo quanto à salinidade no T2, de acordo com Richards (1954), no período - jan a nov de 2012 - Pendências–RN	84
Tabela 4.14	Valores da RAS do extrato de saturação do solo registrados em T2 - jan a nov de 2012 - Pendências–RN	85
Tabela 4.15	Evolução dos nutrientes do solo na área de irrigação alternada T2, antes, durante e no final do experimento – jan a nov de 2012 – Pendências – RN	86
Tabela 4.16	Poder calorífico médio e umidade do briquete de capim-elefante-roxo, nas três fases de crescimento	88
Tabela 5.1	Distribuição de frequência do nível de escolaridade dos empresários	95
Tabela 5.2	Quantidade de m <sup>3</sup> de lenha utilizados por semana nos empreendimentos do Baixo-Açu	98
Tabela 5.3	Atividade contribui para o desaparecimento da caatinga	104
Tabela 5.4	Utilizaria fontes de energias menos nocivas à caatinga	104
Tabela 5.5	Atividades que demandam muito uso de lenha no baixo-Açu	106
Tabela 5.6	O reuso de água traria benefícios ao Baixo-Açu	112
Tabela 5.7	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o grau de instrução	113
Tabela 5.8	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o gênero	114

Tabela 5.9	Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento da existência do mesmo	115
Tabela 5.10	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento de que a Caatinga está desaparecendo	116
Tabela 5.11	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o desempenho das atividades contribuindo para o desaparecimento da Caatinga	117
Tabela 5.12	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com a consciência da degradação da Caatinga	118
Tabela 5.13	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com a utilização de fontes de energias menos nocivas a Caatinga, por um custo maior	119
Tabela 5.14	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento sobre o reuso de água	119
Tabela 5.15	Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com os benefícios do reuso de água	120

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADESE	Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó
ANEA	Associação Norte-Rio-Grandense de Engenheiros Agrônomos
APHA	American Public Health Association
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
C.E.	Condutividade Elétrica
CE	Estado do Ceará
CE <sub>es</sub>	Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do Solo
C <sub>term</sub>	Coliforme termotolerante
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAP	Dias após o plantio
EB	Esgoto bruto
EF	Efluente final
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa Agropecuária de Pesquisa do Rio Grande do Norte
EPA	Agência Americana de Proteção ao Meio Ambiente
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FNMA	Fundo Nacional de Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GLP	Gás liquefeito de Petróleo
IA	Índice de Aridez
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
LM2	Lagoa de maturação 2
LE	Lagoa de Estabilização
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria Orgânica
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAE	Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado do Rio Grande do Norte
PAN	Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca
PDTRS	Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável Açu-Mossoró
PETROBRÁS	Empresa de Petróleo Brasileiro S.A
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
Ph	Potencial Hidrogeniônico
PST	Porcentagem de sódio trocável
RAS	Relação de Adsorção de Sódio
RN	Estado do Rio Grande do Norte
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UNCCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

## LISTA DE SÍMBOLOS

G	Gramma
%	Porcentagem
mm	Milímetro
kg	Quilograma
ha	Hectare
°C	Graus Celsius
Fe	Ferro
Al	Alumínio
kgf	Quilograma força
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
cm	Centímetro
H	Hora
Kcal	Quilo
Mpa	Mega Pascal
atm	Pressão atmosférica
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
>	Maior
<	Menor
mmol	Milimol
dS	Deci Siemens
M	Metro
N	Norte
S	Sul
mg	Miligrama
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico
cmol	Centimol
S	Enxofre
Na	Sódio
Cl	Cloro
mL	Mililitro
L	Litros
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
Zn	Zinco
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
W	Oeste
S	Segundos
B	Boro
Mn	Manganês
Mg	Magnésio
T	Tonelada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	17
1.1	CONTEXTUALIZANDO O OBJETO DE TESE	17
1.2	APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA DA PESQUISA	18
1.3	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	21
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA	24
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	26
2.1	ÁGUA NO BRASIL	26
2.2	NECESSIDADE E IMPORTÂNCIA DO REUSO DE ÁGUAS	27
2.3	BREVE HISTÓRICO DO REUSO DE ÁGUA NO MUNDO	28
2.4	ASPECTOS SANITÁRIOS DO REUSO DE ÁGUA	30
2.5	SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	32
2.6	LEGISLAÇÃO SOBRE REUSO DE ÁGUA NO BRASIL	34
2.7	REUSO AGRÍCOLA NO BRASIL	35
2.8	CAPIM ELEFANTE	36
2.9	DEFINIÇÃO DE BRIQUETES	37
<b>2.9.1</b>	<b>Vantagens do briquete e produtos mais usados para briquetagem</b>	38
<b>2.9.2</b>	<b>Poder calorífico e teor de umidade do briquete</b>	39
2.10	ELEMENTOS IMPORTANTES PARA CRESCIMENTO DAS PLANTAS	40
2.11	QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	41
2.12	DESMATAMENTO DA CAATINGA	42
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b>	44
3.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	44
3.2	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PENDÊNCIAS–RN	45
3.3	PERÍODO EXPERIMENTAL	46
<b>3.3.1</b>	<b>Preparo da área experimental</b>	47
<b>3.3.2</b>	<b>Subdivisão das parcelas</b>	47
3.4	ANÁLISES DO EFLUENTE	48
<b>3.4.1</b>	<b>Parâmetros físico-químicos do efluente</b>	48
<b>3.4.2</b>	<b>Análise microbiológica do efluente</b>	48
3.5	ANÁLISE DO CAPIM	49
<b>3.5.1</b>	<b>Plantio do capim-elefante-roxo (Pennisetum purpureum Schumach)</b>	49
<b>3.5.2</b>	<b>Variáveis mensuradas na planta</b>	49
<b>3.5.3</b>	<b>Análise microbiológica do capim</b>	50
<b>3.5.4</b>	<b>Determinação de massa verde (MV) e massa seca (MS)</b>	50
<b>3.5.5</b>	<b>Análise estatística</b>	50
3.6	ANÁLISES DO SOLO	51
3.7	PRODUÇÃO DE BRIQUETES	52
<b>3.7.1</b>	<b>Coleta da biomassa para produção de briquetes</b>	52
<b>3.7.2</b>	<b>Processo industrial do briquete</b>	53
3.7.2.1	Secagem e cominuição do capim	53
3.7.2.2	Processo de adensamento da biomassa	53
3.7.2.3	Resfriamento, corte e armazenamento	54
3.7.2.4	Teor de umidade do briquete	54
4.7.2.5	Determinação do poder calorífico do briquete	54

3.8	ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL	55
3.8.1	<b>Estratégia da pesquisa</b>	55
3.8.2	<b>Determinação da amostra</b>	55
3.8.3	<b>Análise estatística dos formulários</b>	56
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:ASPECTOS AMBIENTAIS</b>	<b>57</b>
4.1	DADOS CLIMATOLÓGICOS	57
4.2	ANÁLISE DO EFLUENTE	58
4.2.1	<b>Características do efluente da lagoa de maturação 2</b>	58
4.2.1.1	Temperatura do efluente	59
4.2.1.2	Salinidade	59
4.2.1.3	Sodicidade	60
4.2.2	<b>Características químicas e microbiológicas do efluente da LM2</b>	61
4.2.2.1	Potencial hidrogeniônico	61
4.2.2.2	Nitrogênio	62
4.2.2.3	Fósforo total	63
4.2.2.4	Potássio	64
4.2.2.5	Coliformes termotolerantes	65
4.3	ANÁLISE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO	68
4.3.1	<b>Variáveis mensuradas no capim</b>	69
4.3.1.1	Altura da planta	69
4.3.1.2	Diâmetro caulinar	71
4.3.1.3	Largura da folha	72
4.3.1.4	Tamanho da folha	73
4.3.2	<b>Análise estatística</b>	73
4.3.3	<b>Produtividade de matéria verde versus seca</b>	76
4.3.4	<b>Controle de plantas daninhas e presença de animais</b>	78
	<b>Análise microbiológica do capim</b>	78
4.3.		
4.4	ANÁLISE DO SOLO	79
4.4.1	<b>Comportamento do solo no tratamento (T1) irrigado diariamente</b>	80
4.4.2	<b>Comportamento do solo no tratamento (T2) irrigação alternada</b>	83
4.5	ANÁLISE DA LENHA ECOLÓGICA, BRIQUETE	87
4.5.1	<b>Teor de umidade e determinação do poder calorífico (Pc) do briquete</b>	87
4.5.2	<b>Análise energética da lenha e do briquete</b>	89
4.5.3	<b>Rendimento da produção de briquetes versus preservação da caatinga</b>	89
4.5.4	<b>O Futuro da biomassa como fonte energética</b>	90
<b>5</b>	<b>DIMENSÃO SOCIOAMBIENTAL DAS QUESTÕES RELACIONADAS À MUDANÇA DA MATRIZ ENERGÉTICA NO BAIXO-AÇU</b>	<b>93</b>
5.1	INDICADORES DO ESTUDO	93
5.1.1	<b>Questão de gênero</b>	93
5.1.2	<b>Grau de instrução</b>	95
5.1.3	<b>Fonte de energia e custos com lenha</b>	96
5.1.4	<b>Tipos de árvores mais utilizadas como lenha</b>	98
5.1.5	<b>Conhecimento de que a caatinga é um bioma exclusivo do Brasil</b>	101

<b>5.1.6</b>	<b>Consciência sobre o desaparecimento da Caatinga</b>	102
<b>5.1.7</b>	<b>Atividade desempenhada contribui para o desaparecimento da Caatinga</b>	103
<b>5.1.8</b>	<b>Utilização de fontes de energias menos nocivas à Caatinga</b>	104
<b>5.1.9</b>	<b>Atividades que demandam uso de lenha</b>	106
<b>5.1.10</b>	<b>Dificuldade de acesso à lenha versus aumento do valor</b>	107
<b>5.1.11</b>	<b>Necessidade de mudança da fonte de energia</b>	108
<b>5.1.12</b>	<b>Conhecimento sobre o briquete</b>	109
<b>5.1.13</b>	<b>Potencial de produção do briquete: estado da arte no RN</b>	110
<b>5.1.14</b>	<b>Substituição da lenha pelo briquete</b>	110
<b>5.1.15</b>	<b>Conhecimento sobre o que é reuso de água</b>	111
<b>5.2</b>	<b>SUBSTITUIÇÃO DA LENHA ORIGINÁRIA DA CAATINGA PELA LENHA ECOLÓGICA (BRIQUETE)</b>	113
<b>5.2.1</b>	<b>Relação da disposição para substituir a lenha pelo briquete com o grau de instrução</b>	113
<b>5.2.2</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com o gênero</b>	114
<b>5.2.3</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento da existência do mesmo</b>	115
<b>5.2.4</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento de que o bioma caatinga está desaparecendo</b>	116
<b>5.2.5</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com a prática da atividade contribuindo para o desaparecimento da caatinga</b>	116
<b>5.2.6</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com a consciência da degradação da caatinga</b>	117
<b>5.2.7</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com a utilização de fontes de energia menos nociva a caatinga, mesmo que mais cara que a atual</b>	118
<b>5.2.8</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo uso do briquete com o conhecimento sobre o reuso de água</b>	119
<b>5.2.9</b>	<b>Relação da substituição da lenha pelo briquete com o reuso de água traria benefícios</b>	120
<b>5.3</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	120
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	125
	<b>REFERÊNCIAS</b>	127
	<b>APÊNDICE</b>	133
	<b>ANEXOS</b>	134

## 1 INTRODUÇÃO

Nesta seção está apresentada a contextualização do objeto de tese, a situação problema, a justificativa da pesquisa e os objetivos gerais e específicos.

### 1.1 CONTEXTUALIZANDO O OBJETO DE TESE

Esta tese trata da avaliação ambiental da produção de briquetes de capim-elefante-roxo, irrigado com o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), situada no município de Pendências, Estado do Rio Grande do Norte.

Convém esclarecer que a ideia surgiu a partir de um projeto maior denominado de “*Caatinga Viva*”, que tem como princípio norteador a difusão de tecnologias com base no adensamento lignocelulósico, de forma a substituir gradativamente a lenha e o carvão vegetal como combustível energético, além de promover a recuperação e conservação da biodiversidade do bioma caatinga na região do Baixo-Açu. O referido projeto (resumo em anexo) foi financiado pela Petrobrás Ambiental, em parceria com a ONG Carnaúba Viva, ANEA, IFRN, EMBRAPA e a CAERN.

Registra-se ainda que, a região de abrangência do *Caatinga Viva* é formada por nove municípios situados na área da bacia do Baixo-Açu. Os municípios contemplados pelo projeto acima referido foram os seguintes: Açu, Alto do Rodrigues, Afonso Bezerra, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Porto do Mangue e Pendências, totalizando uma área territorial de 4.670,29 km<sup>2</sup>.

Por outro lado, o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, ressalta que a região do Baixo-Açu integra uma área de semiaridez e desertificação do Estado, atualmente apresenta graves quadros de degradação ambiental, provenientes do uso desordenado dos recursos florestais, hídricos e edáficos (RIO GRANDE DO NORTE, 2010a) e por estes motivos essa microrregião foi escolhida para implantação do projeto em tela. Contudo, para cumprimento dos objetivos desta tese, a pesquisa foi feita no município de Pendências, tendo em vista que é o único que dispõe de infraestrutura instalada na ETE, pela Companhia de Águas e Esgotos do RN (CAERN), numa propriedade particular.

## 1.2 APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA DA PESQUISA

Uma preocupação constante nos dias atuais para a humanidade é a carência de fontes de água adequada ao consumo, pois a água de boa qualidade que deveria ser destinada somente para suprir as necessidades básicas, tanto do homem como de outros animais, está sendo poluída já nas suas nascentes ou ao longo do percurso das águas. Essa é uma questão muito séria e requer empenho dos governos e necessidade de pesquisas que busquem soluções efetivas a médio e longo prazo. Luz (2005, p. 24) enfatiza que,

Não é à toa que os dirigentes sérios tendem a ficar atônitos e preocupados, pois a crescente escassez de água não está só ligada diretamente a sua utilização como material de sobrevivência direta na dessedentação, mas também como controladora de produção de bens agrícolas, o que pode originar uma sublevação.

E, como a água está se tornando um bem mundialmente mais importante que o petróleo, então, as reservas que ainda restam podem levar a disputas militares para obtê-la. Sendo essa uma preocupação que deve ter o governo brasileiro, haja vista, declarações de grandes líderes mundiais de que os recursos naturais encrustados na Amazônia são de domínio relativo do Brasil. Ou seja, na medida em que as grandes potências do mundo sentirem a necessidade de buscar novas fontes de água para manterem seus níveis de produção x consumo, estas não hesitarão em burlar a soberania dos países de terceiro mundo, com vistas a usurpar seus bens naturais.

É claro que hoje há uma percepção de que este cenário mundial (produção x consumo x insustentabilidade) está mudando, devido algumas determinações de ordem global e critérios oriundos da Agenda 21 (BRASIL, 2004a), porém, ainda é muito incipiente, principalmente na região do Baixo-Açu no RN, em que os órgãos fiscalizadores são carentes de infraestrutura para cumprir seu papel, não só de fiscalizar, mas também de atuar punindo os infratores.

Também é sabido que a sustentabilidade do desenvolvimento não será possível se não for assegurado à qualidade de vida para as gerações futuras, como assegura a Constituição Federal no seu artigo 225 (BRASIL, 1988), se não houver a conservação ambiental nos tempos atuais. Ainda nas ações prioritárias para o desenvolvimento de energias renováveis, a

Agenda 21 brasileira objetiva o incentivo à produção de biomassa<sup>1</sup> a partir de bagaço de cana e rejeitos de serrarias, fontes renováveis de energia e permitem dar um uso econômico a resíduos que muitas vezes são simplesmente incinerados.

Observa-se que na primeira década do século XXI muitos avanços foram alcançados com relação aos problemas ambientais em todo o mundo, mas, ainda tem-se um verdadeiro desafio à sobrevivência da humanidade. Os níveis e padrões de consumo na atualidade aumentaram significativamente na maioria dos países do mundo, como também o crescimento da população e, conseqüentemente suas atividades econômicas. Aliado a isso existe uma tendência natural de degradação e destruição dos recursos naturais, podendo, num futuro bem próximo, levar a um estrangulamento das possibilidades de desenvolvimento em áreas urbana ou rural, deixando a qualidade de vida ameaçada.

Analisando o contexto acima, a caatinga, bioma exclusivamente do Nordeste brasileiro, vem sofrendo conseqüências e sendo destruído para cumprimento da produção desenfreada desde a colonização do Brasil. Todavia, essa destruição tornou-se perceptível aos olhos do mundo, sobretudo em decorrência do desmatamento, da degradação dos solos, da poluição dos rios e do aumento da temperatura.

O estado do Rio Grande do Norte com uma área territorial de 51.519,01 km<sup>2</sup> possui grande parte de seu território incluso em áreas susceptíveis a desertificação - ASD (97,6%), dos quais 48.706,01 km<sup>2</sup> compreendem área semiárida, com 159 (95,21%) municípios dos 167 existentes. Na referida área, 2.792,41 km<sup>2</sup> apresentam um nível de degradação muito intenso, configurando o núcleo de desertificação do Seridó, segundo a classificação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN (BRASIL, 2004b), tamanha é a degradação da área.

Nesse cenário, as providências devem ser tomadas e ações de manejo correto e gestão dos recursos naturais podem perpassar também pela academia e não só pela gestão municipal, estadual ou federal. A criação de políticas públicas é importante para incentivar a utilização dos efluentes tratados, com fins agricultáveis, como forma de suprir a demanda por alimentos e outras utilizações como, rega de jardins, dessedentação de animais, recarga de aquífero e, principalmente, como fonte de produção dos mais variados tipos de biomassa para fabricação de briquetes, que demonstra ser uma energia com alto poder calorífico, para substituir a atual matriz energética utilizada para os mais diversos fins. Afinal, a preservação dos recursos naturais além de ser ética é uma questão de sobrevivência.

---

<sup>1</sup> Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2013), biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia.

O problema emblemático no Baixo-Açu com a retirada incontestada da mata nativa para várias atividades, tais como: indústrias ceramistas, carvoarias, padarias, restaurantes e residências mostra-se como um consumo predatório dos recursos florísticos da caatinga e se dá pelos “baixos” valores pagos pela lenha, sendo que, em muitas situações não é pago qualquer quantia, pois a retirada é feita na clandestinidade em propriedades particulares, sem licença ambiental. Em sendo assim, implica numa apropriação ilícita da natureza, o que é muito comum nessa região, causando prejuízos incalculáveis ao bioma, tanto para flora como para a fauna, que, sem abrigo e comida migram ou perecem. Então, a região padece com o desmatamento, que torna o ecossistema frágil e vulnerável às intempéries do clima.

Porém, esse desmatamento é alimentado, 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. Essa é uma atividade que se expande consideravelmente, produzindo diversos artefatos como telhas, tijolos, lajotas, entre outros, vendidos no RN e em outros estados do Nordeste e Norte do país. Apesar disso, a Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó diz que,

apesar dos benefícios socioeconômicos que a cerâmica vem proporcionando à população potiguar, esse empreendimento vem provocando sérios problemas ambientais, devido à exploração desordenada dos recursos naturais. Dessa forma constata-se que a expansão dessa atividade ocorreu de forma desordenada e da mesma forma, a obtenção da matéria-prima liderada pela argila e lenha, sendo que esta última como a principal matriz energética que abastece os fornos das indústrias ceramistas (ADESE, 2005, p. 38).

O PAE/RN 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, 2010a), problema que se faz parceiro aos já citados anteriormente, levando o estado ao sinal vermelho na condição de preservação da vegetação, cujo reflexo atinge de forma severa as populações locais, que 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 dessa energia.

Diante do exposto, é conveniente perguntar: em que medida a produção de briquetes de biomassa de capim-elefante-roxo, irrigado com efluente de lagoa de estabilização contribui

para benefícios ambientais que minimizem o desmatamento e a poluição do solo e dos corpos hídricos?

### 1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Um dos problemas mais sérios para a humanidade é a carência de fontes de água doce, adequada tanto para o consumo humano como para outras finalidades, como por exemplo, a agricultura, seja pela escassez ou falta, seja pela distância da fonte, dificultando assim, o transporte.

Não só as questões relacionadas à água preocupam, mas também a desertificação está sendo outro fenômeno de aceleração da degradação dos biomas brasileiros, principalmente a Caatinga. No viés deste raciocínio, corrobora-se com o que relata o Ministério do Meio Ambiente, cuja percepção deste órgão é de que,

a desertificação está relacionada à ocorrência das secas e à forma como o homem se relaciona com o meio, principalmente para fins de exploração econômica é um forte indicativo de que, em espaços como o RN, torna-se premente repensar as estratégias de produção e de sobrevivência da sociedade. No cenário de reestruturação produtiva, delineado após a crise do algodão e da mineração (1970-1980) em que emergiram novos segmentos produtivos remodeladores da geografia econômica do território, a insurgência e/ou acentuação da degradação ambiental foi uma forte motivação para se pensar estratégias que viabilizem o desenvolvimento em bases sustentáveis (Brasil, 2005c, p.15).

É nesse prisma de bases sustentáveis que se deve buscar alternativas em novas tecnologias para que a produção no estado tenha continuidade e mantenha o desenvolvimento, utilizando energias limpas sem degradar mais o tão sofrido semiárido potiguar. Nesse sentido, Buarque (2002, p. 60) diz que,

parte dos recursos naturais não é renovável e se esgota em algum horizonte de tempo, com a exploração econômica, dependendo do ritmo de aproveitamento e dos estoques e reservas dos recursos. E mesmo os recursos renováveis, como as florestas e os recursos hídricos, parte dos quais explorados numa intensidade superior ao seu próprio ritmo de auto reprodução, começam também a se esgotar, levando a uma desorganização do meio ambiente. A consciência desses “limites” da natureza e da sua amplitude planetária passa a exigir novas políticas e posturas que alterem o próprio modelo de desenvolvimento, inclusive para assegurar a continuidade de funcionamento da economia a médio e longo prazo.

A agricultura 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, implantados em curto prazo. Essa condição é fundamentada no fato de que o aumento dessa produção não pode ser mais efetuado só por meio de expansão da terra cultivada. Pelo contrário, 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.

Aliado a isso, a dificuldade dos agricultores em manter os reservatórios com água, de forma intermitente para irrigar suas lavouras é uma realidade observada há muito tempo. A escassez de água da chuva na região nordeste fez com que o homem do campo se tornasse um verdadeiro herói no sentido de continuar a fazer cultivo de produtos, seja para sua subsistência, seja para comercialização. Essa é uma situação que pode ser evitada com a utilização do esgoto doméstico tratado, desempenhando papel importante no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como substituto da água destinada para fins agrícolas e de irrigação, por exemplo, sendo útil às culturas aumentando a produtividade.

Telles e Costa (2007, p. 94) argumentam que, nas regiões áridas e semiáridas, a água é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, sendo necessária a busca de novas fontes de recursos para complementar à pequena oferta hídrica ainda disponível.

Atualmente, as exigências ambientais estão cada vez mais crescentes, e as empresas se sentem pressionadas a desenvolver medidas para reduzir seus níveis de poluição e degradação ambiental no Baixo-Açu, cuja solução ainda é uma incógnita, haja vista a necessidade de muitos na busca de uma fonte energética mais limpa.

Em face da problemática exposta é que alguns produtores agrícolas já voltam seus olhares para a busca dessas fontes alternativas de água que permita o cultivo de seus produtos e, aliado a isso, venha à diminuição dos custos de suas produções. Assim, o reuso de água é considerado uma opção inteligente e a necessidade de aplicação da tecnologia do briquete é importante para a sustentabilidade dos recursos ambientais não só no RN, como no Brasil.

A equação da ação antrópica, da degradação dos biomas brasileiros e a recuperação desses é uma conta que não fecha, tornando-se imprescindível e desafiador buscar medidas que levem à sobrevivência do bioma caatinga, cuja resiliência pode chegar aos quinze e até vinte anos, dadas as condições favoráveis.

De fato, o processo de utilização dos recursos naturais, principalmente, se tratando do semiárido nordestino, assinala de forma contundente para o uso racional desses recursos, devido à iminência de entrar em colapso num futuro bem próximo. O caráter relativo à construção da racionalidade ambiental, como aponta Leff (2007, p. 162),

demanda a transformação dos paradigmas científicos tradicionais e a produção de novos conhecimentos, o diálogo, integração de saberes, bem como a colaboração de diferentes especialidades, propondo a organização interdisciplinar do conhecimento para o desenvolvimento sustentável.

Talvez um dos grandes obstáculos para uma solução efetiva à falta de água, principalmente no semiárido nordestino, seja a visão de que se trata única e exclusivamente de um problema climático (BRASIL, 2004a), não despertando interesse na solução devido à “indústria da seca” que gera dependência do homem dessa região aos favores políticos e, assim, manter-se o voto de cabresto.

Notadamente, nessa perspectiva, a produção de briquetes a partir de capim elefante, cultivado com água residuária tratada, mais precisamente na região do Baixo-Açu se mostra como:

- Forma alternativa para a economia de água de boa qualidade usada para fins não potáveis;
- Boa opção do ponto de vista do uso racional de água no semiárido;
- Uma maneira de prevenção no uso de fertilizantes no solo e, conseqüentemente, melhoria da sustentabilidade nos aspectos econômico e ambiental;
- Contribuição com a geração de emprego e renda na produção e comercialização de briquetes;
- Contribuição com a redução da retirada de vegetação nativa.

Enfim, pode-se acrescentar que a produção de um material energético alternativo, de biomassa vegetal, representa um desafio principalmente em regiões de *cluster* cerâmico, como também àquelas com fontes (fósseis) já em declínio ou mesmo esgotadas, a exemplo do território Açu-Mossoró (inclui-se, Pendências), que tem em seus municípios cadeias produtivas de alto valor agregado e apresentam grande margem de vulnerabilidade à contaminação dos solos, das águas e atmosférica, diminuição dos estoques dos recursos não renováveis, erosão e perda de fertilidade dos solos (RIO GRANDE DO NORTE, 2010b).

Os resultados obtidos poderão contribuir para subsidiar políticas públicas, não só para o RN, mas também para todos os estados que fazem parte do semiárido brasileiro, por meio

da socialização das informações, despertando nos comerciantes que usam a lenha como fonte de energia para uma maior conscientização sobre a responsabilidade de cada um na sustentabilidade da região e do planeta.

Portanto, a premissa dessa pesquisa é de que o uso desse novo elemento na matriz energética, o briquete de capim, é viável e irá substituir, gradativamente, o uso da lenha retirada da caatinga, evitando um maior desmatamento, e com o uso dos esgotos domésticos tratados o solo e os mananciais da região terão minimizado suas fontes poluidoras.

Acredita-se que o desenvolvimento sustentável é um processo que demanda tempo e dedicação das mais variadas esferas da sociedade, detentoras de conhecimento e de meios para solucionar problemas arraigados ao longo da formação social local. Neste sentido, comunga-se com Buarque (2002, p. 69), para quem o desenvolvimento local sustentável:

é um processo e uma meta a ser alcançada a médio e longo prazo, gerando uma reorientação do estilo de desenvolvimento, redefinindo a base estrutural de organização da economia, da sociedade e das suas relações com o meio ambiente natural. Esse processo demanda mudanças pelo menos nos três componentes do estilo de desenvolvimento: padrão de consumo da sociedade, base tecnológica dominante no processo produtivo e estrutura de distribuição de renda.

#### 1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA:

Na tentativa de contribuir para minimizar os problemas oriundos do desmatamento, da contaminação dos solos pelo lançamento de esgotos e de encontrar novas formas de produção de uma fonte de energia menos agressiva ao bioma caatinga, para as diversas atividades desenvolvidas na região do Baixo-Açu foram traçados os seguintes objetivos:

##### 1.4.1 Geral

- Avaliar sob a ótica ambiental e social a produção de briquetes de capim-elefante-roxo, irrigado com efluente da lagoa de estabilização de Pendências — RN, com vistas a minimizar os problemas de degradação do bioma caatinga e disponibilizar uma nova fonte de energia alternativa para substituir a lenha.

### 1.4.2 Específicos

- Avaliar variáveis físicas, químicas e microbiológicas do efluente final da ETE/Pendências—RN;
- Verificar as alterações no solo causadas pela utilização de esgoto doméstico tratado;
- Avaliar a sobrevivência de coliformes termotolerantes na massa verde do capim-elefante-roxo, após irrigação com esgoto doméstico tratado;
- Analisar o crescimento do capim-elefante-roxo e estimar a produção de biomassa verde e seca do capim-elefante-roxo irrigado com esgoto doméstico tratado.
- Avaliar o teor calorífico de briquetes produzidos a partir da biomassa de capim-elefante-roxo;
- Analisar a percepção dos empresários consumidores de lenha e carvão sobre a possível mudança da matriz energética em seus empreendimentos.
- Verificar o grau de conscientização dos empresários consumidores de lenha sobre o problema da desertificação causada na região do Baixo-Açu.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são abordados os temas relacionados à temática da pesquisa: água no Brasil; necessidade e importância do reuso de águas; breve histórico do reuso de água no mundo; reuso agrícola no Brasil; aspectos sanitários do reuso de água; sistema de lagoas de estabilização; legislação sobre reuso de água no Brasil; capim elefante; definição de briquetes; elementos importantes para o crescimento das plantas; qualidade da água para irrigação e desmatamento da caatinga.

### 2.1 ÁGUA NO BRASIL

Segundo o IBGE, o território brasileiro é considerado o quinto do mundo em extensão territorial, possui uma área de 8.547.703 km<sup>2</sup>, ocupando 20,8% do território das Américas e 47,7% da América do Sul. A região coberta por água doce no interior do Brasil ocupa 55.457 km<sup>2</sup>, o que equivale a 1,66% da superfície do planeta. O clima úmido do país propicia uma rede hidrográfica numerosa formada por rios de grande volume de água, todos desaguardo no mar. Com exceção das nascentes do rio Amazonas que recebem fluxos provenientes do derretimento das neves e de geleiras, a origem da água dos rios brasileiros encontra-se nas chuvas. A maioria dos rios é perene, ou seja, não se extingue no período da seca e apenas no sertão nordestino, região semiárida, existem rios temporários (TELLES; COSTA, 2007, p. 6).

Ainda segundo estes autores, são quatro as principais bacias hidrográficas brasileiras: Amazônia, Prata ou Platina, São Francisco e Tocantins. Mesmo o Brasil possuindo estas grandes bacias, sofre com a escassez de água devido à má distribuição da densidade populacional dominante, que cresce exageradamente e encontra-se em área de pouca disponibilidade hídrica. O Brasil se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica é de 177.900m<sup>3</sup>/s. Quando somado aos 73.100 m<sup>3</sup>/s da Amazônia internacional, representa 53% da produção de água doce do continente Sul-Americano (334.000 m<sup>3</sup>/s) e 12% do total mundial. (TELLES; COSTA, 2007, p. 6)

A demanda por água, no mundo, aumentou significativamente, com o desenvolvimento econômico. Com isso, verifica-se a importância dos métodos alternativos de abastecimento de água, para satisfazer, prioritariamente, as necessidades biológicas, como também para a geração de energia, ao saneamento básico, agricultura, pecuária, indústria, navegação, aquicultura, entre outros. Sobre a relação disponibilidade × usos da água, Dantas e Sales (2009) argumentam que,

não obstante a água seja um recurso natural renovável, o crescimento populacional, o aumento do número de indústrias, o desenvolvimento do agronegócio, os desmatamentos, o uso inadequado do solo, a poluição e a contaminação dos mananciais hídricos, bem como as construções civis em áreas ribeirinhas nos alerta para sua iminente escassez como fonte de manutenção da vida. Aliás, o uso inapropriado da terra como a super exploração do solo, o desmatamento e a aplicação de métodos não sustentáveis de irrigação na agricultura são causas dos desastres naturais de água porque o solo tem diminuído a sua capacidade de absorção de água devido à erosão, o que permite que ocorram inundações após fortes chuvas.

Como forma de propagar a conscientização populacional quanto à fundamental importância do controle dos recursos hídricos para o futuro da humanidade, em 1992, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu o dia 22 de março como o “*Dia Mundial da Água*”.

## 2.2 NECESSIDADE E IMPORTÂNCIA DO REUSO DE ÁGUAS

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 este recurso esteja aquém das necessidades da população. Um exemplo dessa situação é o que ocorre no Brasil. 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; AQUINO; SANTOS, 2007).

Ainda para Mota e colaboradores, há, portanto, necessidade de que sejam adotadas medidas de uso racional e reaproveitamento da água, e de controle da poluição dos recursos hídricos, como forma 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, assim, uma prática a ser incentivada em várias atividades humanas e o esgoto deve ser considerado 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, uma 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, o reuso da água 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, entre 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;
- Aumento da concentração de matéria orgânica no solo;
- 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.

### 2.3 BREVE HISTÓRICO DO REUSO DE ÁGUA NO MUNDO

A utilização de dejetos humanos na agricultura e na piscicultura é uma prática muito antiga em países do sudeste asiático, principalmente na China. As primeiras cidades europeias a adotarem esta prática foram Bunzlau na Alemanha em 1531 e Edinburgo na Escócia em 1650 (FURTADO; KONIG, 2008).

Ainda segundo estes autores, na França, sistemas de disposição de esgotos existem desde 1868, e após quatro anos de implantação já eram irrigados cerca de 900 ha com parte dos esgotos de Paris, o restante era descarregado no rio Sena. Na Alemanha, a cidade de Berlin implantou sua primeira fazenda de esgotos em 1876 ocupando 17.200 hectares.

Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender as demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (MANCUSO; SANTOS 2003).

A água com qualidades inferiores tais como, esgoto de origem doméstica, água de drenagem agrícola e água salobra, deve, sempre que possível, ser considerada como fonte alternativa para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, no estratagema para a solução do problema da falta mundial de água (TELLES; COSTA, 2007).

Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água exercem, extensivamente, a prática de reuso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário, para uso em descarga de toaletes de edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização. Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Oita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis (HESPANHOL, 2003).

A seguir será abordado o histórico do reuso em alguns países, conforme dados de SHUVAL (1977, citado por BENETTI, 2006):

Nos Estados Unidos, o reuso tem histórico no Arizona, Flórida, Texas e Califórnia. Este último usa efluente tratado desde 1935, e novos projetos sempre são desenvolvidos, destacando-se os da área metropolitana da cidade Monterey para irrigar vários tipos de hortaliças.

Na Índia, a irrigação é o principal método de disposição de esgotos do país, tendo a primeira “fazenda de esgotos” se estabelecido em 1895. Durante o verão muitos rios praticamente secam, favorecendo ainda mais o reuso agrícola de esgotos.

Em Israel, faz-se uso extensivo de irrigação com esgotos tratados, onde o efluente é aproveitado próximo à comunidade que o gerou. Na zona costeira central de maior densidade populacional, um conduto central coleta e conduz efluentes de tratamento secundário em direção ao sul do país, na região de Negev.

Na África do Sul, a irrigação de efluentes sanitários é prática comum no país, com 25% dos esgotos tratados das cidades sendo utilizados na agricultura. A cidade de Johannesburg usa esgotos para irrigação desde 1914, sendo proprietária de fazendas para pecuária com o objetivo de disposição de esgotos.

#### 2.4 ASPECTOS SANITÁRIOS DO REUSO DE ÁGUA

As vantagens do reuso de água residuária tratada foram citadas em várias partes desta tese. Porém, não se pode negar que há alguns inconvenientes, principalmente aqueles de ordem sanitária. Há controvérsias na definição dos níveis aceitáveis, na definição dos padrões de qualidade e graus de tratamento de esgotos que garantam a segurança sanitária, mesmo tratado, aumentam o risco de infecção por vários tipos de organismos, em especial pelos nematódeos, do tipo: *áscaris*, *trichuris* e os *ancilostomídeos*. As águas residuárias domésticas contêm micro-organismos patogênicos excretados pelas pessoas doentes, que provocam enfermidades entéricas, como as diarreias, tifo, hepatite etc.

A eliminação de micro-organismos patogênicos é o principal objetivo do tratamento de águas residuárias para o seu aproveitamento posterior. Os padrões sobre a qualidade de águas residuárias e as normas para o aproveitamento são expressas segundo o número máximo permissível de bactérias do grupo Coliformes fecais (CF) ou termotolerantes. Uma vez que não existe dúvida sobre a contaminação fecal das águas residuárias, supõe-se que esses micro-organismos possam ser utilizados como indicadores de patogenicidade e que existe pelo menos uma relação semiquantitativa entre as concentrações de micro-organismos patogênicos e os indicadores. O grupo de coliformes totais é menos confiável como indicador de contaminação fecal, pois nem todos os coliformes são exclusivamente de origem fecal (LÉON; CAVALLINI, 1996).

Os coliformes termotolerantes são reconhecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 como “*bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima –  $\beta$ -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 - 45 °C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminadas por material fecal*”. A única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo hábitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos é a *Escherichia coli*.

### **Padrões da OMS**

Sabe-se que é necessário produzir efluentes que satisfaçam a qualidade por meio de processos que não demandem vigilância contínua; portanto é preciso ser criterioso na seleção e no projeto das estações de tratamento, antes de se definir as formas de manejo. Já os agricultores e as pessoas que manipulam os cultivos, feitos com água residuária tratada, devem adotar medidas preventivas, como: usar roupa protetora, cumprir estritamente as práticas de higiene, vacinar-se contra determinadas infecções e usar luvas e outros equipamentos de proteção. A seleção das medidas de proteção à saúde por profissionais que trabalham com tratamento de esgoto pode ser baseada em diversos fatores, tais como a estrutura usada para o tratamento de esgoto e os tipos de produtos que serão cultivados.

A WHO (2006) reconheceu que o tratamento de esgotos por sistema de lagoa de estabilização 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. O quadro 2.1 mostra o padrão de qualidade que o efluente deve apresentar para as categorias de irrigação restrita e irrestrita, na agricultura.

Léon e Cavallini (1996) argumentam que, para a diminuição dos organismos patogênicos em lagoas de estabilização é necessário períodos de detenção muito grande (5 a 30 dias ou mais) segundo as características da água residuária, da temperatura, da radiação solar e do uso que se dará ao efluente. Mesmo assim, essa eficácia é controversa, pois, não se pode referir-se a todos os organismos de importância para a saúde pública. Mota, Aquino e Santos (2007) acham que o TDH de 20-30 dias é extremamente benéfico para a remoção de patogênicos como ovos de helmintos e coliformes termotolerantes, diferenciando dos autores anteriores no tempo mínimo de detenção hidráulica.

Passos (2011) diz que, observados os cuidados necessários e vencidas as resistências de natureza cultural da população, o reuso apresenta-se como uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

**Quadro 2.1 - Padrões microbiológicos para reuso de águas residuárias (OMS)**

Categoria irrigação	Opção <sup>(1)</sup>	Tratamento de esgotos e remoção de patógenos (log <sub>10</sub> ) <sup>(2)</sup>	Qualidade do efluente	
			<i>E.coli</i> 100 mL <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	Ovos helmintos L <sup>-1</sup>
Irrestrita	A	4	≤ 10 <sup>3</sup>	≤ 1 <sup>(4)(5)</sup>
	B	3	≤ 10 <sup>4</sup>	
	C	2	≤ 10 <sup>5</sup>	
	D	4	≤ 10 <sup>3</sup>	
	E	6 ou 7	≤ 10 <sup>1</sup> ou 10 <sup>0</sup>	
Restrita	F	4	≤ 10 <sup>4</sup>	
	G	3	≤ 10 <sup>5</sup>	
	H	< 1	≤ 10 <sup>6</sup>	

1) Combinação de medidas de proteção à saúde. (A): cultivo de raízes e tubérculos; (B) cultivo de folhosas; (c) irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D) irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (por exemplo, turbidez, SST, cloro residual; (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; (G): agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada; (H) técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos (por exemplo, tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização da exposição (irrigação subsuperficial). (2) remoção de vírus que associada a outras medidas de proteção à saúde corresponderia a uma carga de doenças virais tolerável ≤ 10<sup>-6</sup> DALY ppa e riscos de infecções bacterianas e por protozoários. (3) Qualidade do efluente correspondente à remoção de patógenos indicada em (2). (4) No caso de exposição de crianças (15 anos) recomenda-se um padrão e, ou, medidas complementares mais exigentes: ≤ 0,1 ovo L<sup>-1</sup>, utilização de equipamentos de proteção individual, tratamento quimioterápico. No caso da garantia da remoção adicional de 1 log<sub>10</sub> na higiene dos alimentos pode-se admitir ≤ 10 ovos L<sup>-1</sup>. (5) Média aritmética em pelo menos 90% do tempo, durante o período de irrigação. A remoção requerida de ovos de helmintos (log<sub>10</sub>) depende a concentração presente no esgoto bruto com o emprego de lagoas de estabilização, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado como indicador de remoção de helmintos. No caso da utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (por exemplo, turbidez ≤ 2 uT) pode dispensar a verificação do padrão ovos helmintos. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas e na ausência de riscos para os agricultores (por exemplo, opção H) o padrão ovos de helmintos poderia ser dispensável.

Fonte: WHO, 2006.

## 2.5 SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Vários sistemas de estabilização foram construídos no Brasil para o tratamento de esgoto sanitário, tendo-se observado resultados satisfatórios em termos da qualidade do efluente, sempre quando o projeto é tecnicamente adequado e existe um mínimo de operação e manutenção. O objetivo principal de lagoas de estabilização é estabilizar, ou seja, transformar em produtos mineralizados o material orgânico presente na água residuária a ser tratada. Podem ser classificadas, quanto ao suprimento de oxigênio, em convencional (O<sub>2</sub> é fornecido pelas algas) e aeradas artificialmente, O<sub>2</sub> fornecido pelo uso de aeradores (MOTA; AQUIN; SANTOS, 2007).

A utilização de lagoas de estabilização no Brasil é extensa, sendo influenciada pelas condições climáticas favoráveis e área abundante. Uma das grandes vantagens de operação desse sistema é o potencial de remoção de matéria orgânica, patógenos e em menor grau de

determinados nutrientes (KELLNER; PIRES, 1998). A eficiência do tratamento dependerá de diversos fatores como, por exemplo, as características do esgoto a ser tratado e as características climáticas etc.

Para MIWA (2007), a complexidade existente nos processos que tratam o esgoto num sistema de lagoas de estabilização é imensa. É importante se destacar os aspectos construtivos das lagoas e os parâmetros estabelecidos no projeto de concepção, todavia as condições climáticas são fatores indispensáveis na análise dos processos que acontecem dentro do sistema, visto que existe uma inter-relação entre a produção e a decomposição de matéria orgânica pela microbiota presente no reator em questão.

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

A eficiente operação de lagoas de estabilização é 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.

As lagoas de estabilização podem ser enterradas, semienterradas ou apoiadas sobre o solo. Quando são comparadas com outras formas de tratamento de despejos sanitários, percebe-se que elas apresentam inúmeras vantagens, possuindo elevada eficiência na remoção de matéria orgânica e de micro-organismos patogênicos, capacidade de suportar cargas orgânicas e hidráulicas elevadas, simplicidade na operação e manutenção, além do baixo custo de construção (JORDÃO; PESSOA, 2005).

Um sistema bastante utilizado no tratamento de esgotos domésticos é o do tipo “australiano”, onde existe uma lagoa anaeróbia seguida por uma facultativa, podendo ser inserido no final do tratamento lagoas de maturação em série, promovendo um pós-tratamento, sobretudo na remoção de nutrientes e organismos patogênicos; no entanto, 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).

## 2.6 LEGISLAÇÃO SOBRE REUSO DE ÁGUA NO BRASIL

As estações de tratamento de esgotos são motivos de preocupação por causa do impacto ambiental que elas causam ao meio ambiente, quando lançam seus efluentes diretamente no solo ou em ambientes aquáticos. A priori, isso não mais deveria acontecer, visto que o efluente tratado pode ser utilizado de forma a trazer benefícios ambientais e econômicos. Porém, para que isso se torne realidade, é preciso regulamentação.

A Eco 92 foi um evento que marcou a importância dada à temática do reuso, recomendando aos países participantes da Conferência a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes. Na Agenda 21, documento elaborado no evento, consta em seu capítulo 21 – “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, Área Programática B – “Maximizando o reuso e a reciclagem ambientalmente adequadas”, estabelecendo como um dos objetivos básicos: “vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos” (BRASIL, 2004a).

No Brasil, a lei 9433 (BRASIL, 1997), disciplina a Política Nacional de Recursos Hídricos acenando para a necessidade de racionalizar o uso da água como garantia de abastecimento no futuro, e estabelece:

Art. 2º: São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

II — a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

No entendimento de muitos estudiosos/pesquisadores, essa racionalização perpassa principalmente pela reutilização de água. Em 1986 o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução nº 20 (BRASIL, 1986), com o objetivo de assegurar os usos preponderantes previstos dos corpos d’água e nortear o controle de efluentes líquidos.

Em 2005 a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005a) revogou a nº 20, que classifica os corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e os padrões de lançamento de efluentes, fixados em função dos padrões de qualidade do corpo receptor e servem, principalmente, para a proteção da qualidade da água, de forma a assegurar os usos previstos.

Seis anos depois, em maio de 2011, o CONAMA vê novamente a necessidade de revogar também a Resolução 357 (BRASIL, 2011), complementando e alterando-a, através da Resolução nº 430. Os órgãos ambientais estaduais e municipais baseiam-se nos padrões desta resolução.

As resoluções anteriormente citadas não tratam especificamente do reuso, contudo, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) publicou no DOU, em 09/03/06, a Resolução nº 54 (BRASIL, 2005b), que estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para a política de reuso direto não potável de água, que abrange reuso para fins urbanos, agrícolas, florestais, industriais e aquicultura, determinando que os parâmetros específicos para cada modalidade sejam estabelecidos pelos respectivos órgãos competentes.

A ênfase dada pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006) é para a qualidade biológica da água de irrigação, de modo a minimizar a probabilidade de ocorrência de doenças transmitidas por vírus, bactérias, protozoários e vermes. No geral, as normas ou padrões sobre a qualidade das águas residuárias que se pretende utilizar na irrigação irrestrita das culturas, têm regras explícitas, isto é, indicam o número máximo de coliformes e requisitos mínimos para o tratamento (primário, secundário ou terciário) segundo a classe de cultura que se deve irrigar. As recomendações estabelecidas pela WHO, *“Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture”* (quadro 2.1), são seguidas por instituições de pesquisas no Brasil.

## 2.7 REUSO AGRÍCOLA NO BRASIL

O Brasil oferece condições excepcionalmente favoráveis ao reuso, tanto pela disposição de área em seu extenso território como pelas condições climáticas favoráveis. Porém, poucos dados tem registrado sobre reuso direto de efluentes, tratados ou não, o que não quer dizer que não ocorra, de forma indiscriminada e sem controle (BASTOS, 1999). Mas o reuso indireto é, com certeza, prática corrente, haja vista a deficiência no tratamento de esgotos.

Vários estudos sobre a qualidade das águas de irrigação ou de hortaliças comercializadas em diversas regiões do país reforçam os indícios da prática disseminada de irrigação com esgotos, ao menos de forma indireta.

Uma experiência bem sucedida é a da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), que em 2002 construiu o centro de pesquisa sobre o tratamento e reuso de águas, com o objetivo de desenvolver um centro de referência de experimentação e difusão de

tecnologia de reuso para o Nordeste, buscando oferecer suporte técnico ampla divulgação da prática de reuso, que se tornem atraentes para os usuários, benéficas ao meio ambiente e economicamente sustentáveis (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007). Um dos objetivos do projeto foi promover a utilização de esgoto tratado, além da aquicultura, na irrigação e hidroponia e os produtos irrigados foram mamona, mamão, feijão e melancia.

Atualmente observa-se no Rio Grande do Norte uma tendência ao reuso em agrossistemas, conforme relata Silva Filho (2007), no trabalho sobre o “Diagnóstico Operacional de Lagoas de Estabilização”, essa prática é uma realidade nos municípios de Caiçara do Rio dos Ventos, Florânia, Parelhas, Currais Novos e Lajes Pintada. No município de Pendências, nas adjacências da ETE, pode-se constatar 1 ha de área plantada com capim-elefante. O mesmo pode ser observado no município de Macau, na ETE macauzinho.

## 2.8 CAPIM ELEFANTE

O capim elefante é originário do continente africano, mais especificamente da África tropical, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier. Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba, encontrando-se hoje nas cinco regiões brasileiras. Sua descrição original data de 1827, porém sofreu modificações ao longo de tempo. Atualmente a espécie pertence à família Graminae, sub-família: Panicoidae, Tribo: Paniceae e Gênero: Pennisetum (STEBBINS; CRAMPT, 1961, citado por LOPES, 2004). O capim-elefante cv. roxo (*Pennisetum purpureum* Schumach) é uma monocotiledônea que apresenta as seguintes características: 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; produção de matéria seca entre 20 – 35 t/ha/ano.

Segundo Vilela (2009), o capim-elefante é, reconhecidamente, uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo, 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, impossibilita o armazenamento das estacas por longo período, além de dificultar uma melhor distribuição das cultivares melhoradas.

Ainda para Vilela (2009), o interesse energético por esta espécie foi despertado por sua alta produtividade. Sua biomassa seca 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 ao ano, em média, o capim elefante produz de 30 a 40 t/ha/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 plantio, devido ao seu rápido crescimento.

## 2.9 DEFINIÇÃO DE BRIQUETES

Em 1848 foi concedida uma patente para William Easby nos Estados Unidos para um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos, através da pressão. A justificativa de Easby feita há 160 anos para a patente era de que um artigo de pequeno valor, quase desprezível, pode ser convertido em um artigo valioso como combustível para navios a vapor, forjas, culinária e outras finalidades economizando o que agora era perdido (GENTIL, 2008).

Em Paris, 14 anos após a patente de Easby, surgiu a palavra briquette como sendo uma mistura de turfa, água e argila plástica. Nas décadas seguintes, o carvão mineral recebeu não só adensamento dos componentes como temperatura para formar um combustível sólido. Os briquetes que tinham aglomerantes eram denominados “pérats”, feitos de carvão betuminoso misturado com alcatrão. Desta época para cá, a tecnologia do briquete de madeira avançou lentamente transformando-se em um biocombustível sólido com apelo ambiental (GENTIL, 2008).

O briquete é uma peça sólida de biomassa comprimida com uma carga média de 6-8 toneladas força (tf), gerado a temperatura de 170-270 °C na câmara de briquetagem para a decomposição parcial da lignina, teor de umidade entre 5 e 15% com ou sem aglutinante, apresenta peças cilíndricas de cerca de 7-10 cm de diâmetro e o comprimento de 10-40 cm (GENTIL, 2008).

De um modo geral, o processo industrial do briquete consiste na secagem do material a ser briquetado, cominuição, compactação/adensamento, resfriamento, corte das peças (pode

ser no tamanho que o cliente desejar), ensacamento, armazenamento e distribuição aos compradores.

O briquete é utilizado para a queima em fornos, caldeiras, aquecedores, torradores e outros similares, pois seu poder calorífico é três vezes maior do que o da lenha, cavaco ou biomassas diversas. A biomassa adensada a altas pressões é denominada briquete quando tiver um diâmetro maior que 30 mm. Produtos densificados com dimensões menores são denominadas peletes (ALAKANGAS, 2006 citado por GENTIL, 2008).

O processo de briquetagem é feito compactando resíduos (>50 mm) no qual é destruída a elasticidade natural das fibras. 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 estocagem. A destruição das fibras faz com que a lignina (que escoar a partir de 170 °C) atue como ligante das partículas da biomassa vegetal (VILELA, 2009). O quadro 2.2 mostra algumas características do briquete de capim:

**Quadro 2.2 – Características físicas e composição do briquete**

<b>Densidade específica</b>	1.300 kg/m <sup>3</sup>
<b>Poder calorífico</b>	4.100-5.100 kcal/kg
<b>Temperatura de produção</b>	170 - 270°C
<b>Pressão</b>	100 Mpa
<b>Teor de umidade</b>	5- 15%

Fonte: adaptado de Vilela (2009)

### **2.9.1 Vantagens do briquete e produtos mais usados para briquetagem**

O declínio dos recursos petrolíferos observado atualmente e o aumento do consumo de energia têm levado à necessidade de se buscar novas fontes energéticas. Daí a vantagem de se ter alternativas para suprir a demanda.

Estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (apud ROCHA; SOUZA; DAMASCENO, 2009) revelam que briquetes de capim liberam 40% 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. Outras vantagens são apontadas, tais como: geração de energia através de fonte renovável; prazos de montagem pequenos; retorno do investimento rápido; linha de financiamento BNDES (juros mais baixos); preço da energia ascendente; tecnologia de ponta disponível.

Na opinião de Gentil (2008), a diversificação do mercado industrial madeireiro está crescendo em qualidade e quantidade, buscando matéria-prima de baixo preço para agregar valor, como é o caso de painéis de madeira, aglomerados, manufaturados de descartes, compósitos e energia direta da serragem como combustível nas fornalhas. Algumas serrarias sabendo da forte demanda, estão concentrando esforços para transformar estes descartes madeireiros (importante matéria prima para fazer briquetes) em energia calorífica ou elétrica, ganhando receitas e eficiência.

Os equipamentos de briquetagem transformam resíduos em geral como cepilho de madeira, casca de algodão, casca de arroz, casca de amendoim, bagaço de cana-de-açúcar, capim seco, palha de milho e outros em briquetes com alto poder calorífico e de venda.

O porquê para densificar se baseia nos seguintes fatos: homogeneizar os resíduos vegetais, secar e condensar a energia dos resíduos, os briquetes e peletes tornam-se livres de pó, reduz risco de explosão, uniformização das fibras – permite melhor controle da combustão e facilita o transporte e estocagem do combustível, possui densidade energética elevada e eficiência na transformação (VILELA, 2009).

### **2.9.2 Poder calorífico e teor de umidade do briquete**

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 ou quilojoules por grama, quilojoules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma, 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 e o calor derivado dessa condensação é 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, citado por QUIRINO, 2005).

Cunha et al. (1989) afirmam que, quanto maior o conteúdo de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia de combustão.

Pesquisadores da briquetagem afirmam que para produzir briquetes de boa qualidade é necessário respeitar o percentual entre 2 e 15% do teor de umidade. Pois, somente assim, se terá um adensamento com resultados satisfatórios com relação à densidade, poder calorífico e resistência do briquete.

## 2.10 ELEMENTOS IMPORTANTES PARA CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Os elementos essenciais para o crescimento das plantas são classificados baseados na proporção em que aparecem na massa seca dos vegetais, que de acordo com Prado, (2008) são:

**Macronutrientes** – exigidos pelas plantas em maiores quantidades: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio Ca, magnésio (Mg) e enxofre (S), podem ser divididos em macronutrientes *primários*, que são N, P, K, e *secundários*, que são Ca, Mg e S.

**Micronutrientes** – são absorvidos ou exigidos pelas plantas em menores quantidades, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl) e molibdênio (Mo).

A seguir serão abordadas algumas peculiaridades de alguns elementos requisitados pelas plantas, para seu crescimento:

**a) Nitrogênio** – o nitrogênio é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Faz parte das proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo diversos hormônios vegetais. Sua deficiência resulta em clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento da planta. O nutriente representa 78% dos gases da atmosfera; entretanto, a despeito dessa abundância, há escassez desse nutriente em formas disponíveis para as plantas (SOUZA; FERNANDES, 2006).

**b) Fósforo** – o fósforo participa de vários processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação do N<sub>2</sub> (ARAÚJO; MACHADO, 2006, p. 254).

**c) Potássio** – o potássio é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem função importante no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. A alta concentração do K no citoplasma e nos cloroplastos é responsável pela manutenção do pH das células e tecidos entre 7 e 8 (MEURER, 2006, p. 282).

**d) Cálcio** – o Cálcio no solo apresenta-se, principalmente, nas seguintes formas: carbonatos - metamórficos ou sedimentares, os últimos sendo em parte de origem biológica; sulfatos; e silicatos. O Cálcio é absorvido pelas raízes como Ca<sup>2+</sup>, podendo sua absorção ser diminuída por altas concentrações de K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no meio do cultivo. (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006, p. 300-301).

e) **Magnésio** – o magnésio no solo aparece na forma iônica  $Mg^{2+}$  em solução e como cátion trocável. Além disso, o Mg participa da estrutura de micas e minerais de argila do tipo 2:1. Em condições de boa drenagem, os teores de Ca trocável predominam na soma de bases, vindo a seguir, em teores bem mais baixos, o Mg e depois o K. A absorção do  $Mg^{2+}$  pelas plantas se faz de modo semelhante à do K. Contudo, para que ocorra absorção é necessário que haja contato do elemento com a raiz da planta (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006, p. 305).

## 2.11 QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Os aspectos fundamentais a considerar no uso da água de irrigação são aqueles que afetam principalmente a conservação do solo e os rendimentos e qualidade das colheitas. No que se refere à qualidade da água para irrigação, os solos afetados por sais podem ser classificados como *salinos*, apresentam altas concentrações de sais solúveis; *sódicos*, com altas concentrações de sódio trocável; e *salino-sódico*, com altas concentrações de sódio trocável e de sais (MEURER, 2000).

A salinidade é o resultado da acumulação de sais na dissolução do solo, aumentando o potencial osmótico, o que impede ou dificulta, a captação da água por parte da planta e ainda origina alterações na absorção não seletiva de nutrientes. A salinidade da água é expressa usualmente pela condutividade elétrica (CE) no Sistema Internacional de Unidades em deciSiemens por metro ( $1dS.m^{-1}$ ) à 25 °C e é definida como sendo a maior ou menor facilidade que tem a corrente elétrica de atravessar uma solução.

As culturas agrícolas, em sua grande maioria, não são tolerantes a níveis altos de salinidade, de modo que aquelas mais sensíveis são drasticamente afetadas pelos efeitos deletérios dos sais, que podem restringir – ou até mesmo impedir – o crescimento e a produção de muitas espécies vegetais. A salinidade, portanto, tem-se constituído num dos mais sérios fatores limitantes da produção agrícola, especialmente em áreas irrigadas sob condição de temperatura elevada e pluviometria baixa, onde o problema pode tornar-se ainda mais agravado pelo uso de águas de má qualidade para irrigação (ALMEIDA, 2010).

As águas com alto teor de sódio podem alterar a estrutura dos solos, resultando na diminuição de sua permeabilidade, influenciando na drenagem da água e aumentando o risco de salinidade.

## 2.12 DESMATAMENTO DA CAATINGA

O bioma caatinga é o principal ecossistema existente na Região Nordeste, estendendo-se pelo domínio de climas semiáridos, numa área de 73.683.649 ha, 6,83% do território nacional e ocupa os estados da BA, CE, PI, PE, RN, PB, SE, AL, MA e MG. O termo caatinga é originário do tupi-guarani e significa mata branca. É um bioma único, pois, apesar de estar localizado em área de clima semiárido, apresenta grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo. A ocorrência de secas estacionais e periódicas estabelece regimes intermitentes aos rios e deixa a vegetação sem folhas. A folhagem das plantas volta a brotar e fica verde nos curtos períodos de chuvas (BRASIL, 2012).

A caatinga é dominada por tipos de vegetação com características xerofíticas – formações vegetais secas, que compõem uma paisagem cálida e espinhosa – com estratos compostos por gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo ou médio (3 a 7 m de altura), caducifólias (folhas que caem), com grande quantidade de plantas espinhosas, entremeadas de outras espécies como as cactáceas e as bromeliáceas.

Para o MMA (BRASIL, 2012), a exploração dos recursos florestais da Região Nordeste, ao longo dos anos, caracterizou-se por uma intensidade diferenciada dentro do processo de ocupação das regiões de Mata Atlântica, da Caatinga e do Cerrado. Quase que imediatamente à chegada dos colonizadores, a Região e seus habitantes naturais se defrontaram com modos completamente desconhecidos de utilização (predatória) de suas florestas e outros recursos naturais.

Hoje, os ecossistemas do bioma caatinga encontram-se bastante alterados, com a substituição de espécies vegetais nativas por cultivos e pastagens. O desmatamento e as queimadas são ainda práticas comuns no preparo da terra para a agropecuária que, além de destruir a cobertura vegetal, prejudicam a manutenção de populações da fauna silvestre, a qualidade da água, o equilíbrio do clima e do solo.

No início da década de 1980 a *Food Agriculture Organization of United Nation* – FAO diagnosticava que aproximadamente 30% do território brasileiro se encontrava em situação de crise com relação à disponibilidade de lenha. Isto significa que os recursos desse material eram inferiores às necessidades, obrigando a sociedade a uma exploração florestal excessiva. Essa exploração, superior à capacidade de reposição da floresta, faz com que a lenha não seja uma fonte energética renovável (FAO, 1981).

Nesta última, década o quadro só se agravou, apesar do governo brasileiro vir incentivando a substituição de derivados de petróleo por fontes alternativas de energia, como a lenha. Entretanto, a sua produção não está sendo estimulada na mesma proporção. O grande desafio, porém, chama-se semiárido, que contém a vegetação catingueira exclusiva dessa região e que apresenta grandes extensões consideradas altamente degradadas.

O Programa de Ação nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN Brasil (BRASIL, 2004b), classificou as áreas susceptíveis à desertificação no nordeste em: áreas semiáridas, sub úmidas secas e áreas do entorno (IA<sup>2</sup> 0,20 e 0,65), que cobre uma superfície de 1.340.863 km<sup>2</sup>, abrangendo um total de 1.488 municípios em nove estados do Nordeste, além do Norte de Minas Gerais e do Norte do Espírito Santo, e elencou os núcleos de desertificação no Brasil, sendo no RN os municípios integrantes desse núcleo: Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador e Parelhas.

Na primeira década do século XXI o estado do RN não contempla vitórias no que concerne à preservação da caatinga. O meio ambiente, no estado, continua a ser demasiadamente explorado em seus recursos, especialmente, as suas matas nativas de vegetação catingueira, haja vista ser um estado em que possui inúmeras atividades econômicas que requer energia no processo de confecção dos produtos, como é o caso do parque industrial cerâmico, extrativista, artesanal etc, que se destacam pela derrubada e queima da vegetação.

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 m<sup>3</sup> de lenha, o que corresponde a 413,68 ha da floresta de caatinga devastada naquele ano (BRASIL, 2010). Segundo o PAE (RIO GRANDE DO NORTE, 2010a), nessa região, nos últimos 17 anos foram consumidos cerca de 2.889.859 m<sup>3</sup> de lenha.

---

<sup>2</sup> Índice de aridez

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Nesta seção estão apresentados a descrição da área de estudo, seguida dos procedimentos metodológicos para cumprimento dos objetivos traçados, no sentido da realização da pesquisa objeto desta tese.

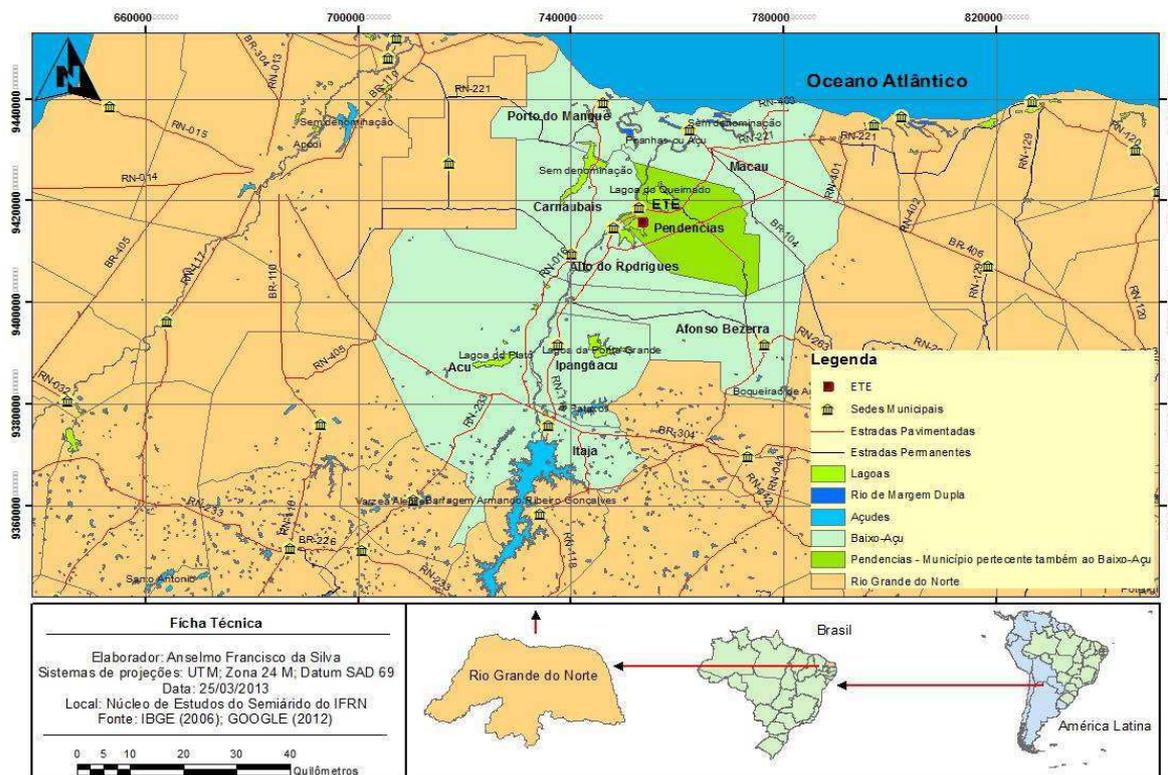
Para Gil (2002), a pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Na realidade, a pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados. Esta pesquisa tem caráter exploratório, aspecto qualitativo e quantitativo, sendo parte desenvolvida em campo e parte laboratorial, com complementação bibliográfica.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

O Território Açú-Mossoró configura-se como um espaço geográfico dotado de uma interação entre as diversas instâncias, sejam elas ambientais, sociais, culturais, econômicas ou político-institucionais, composta por 14 municípios: Açú, Alto do Rodrigues, Areia Branca, Baraúna, Carnaubais, Grossos, Itajá, Ipanguaçú, Mossoró, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael, Serra do Mel e Tibau, conforme o Plano de Desenvolvimento Territorial Rural Sustentável-PDTRS (RIO GRANDE DO NORTE, 2010b). Em 2004 o território ficou composto de duas sub-regiões, por questões governamentais de desenvolvimento da região foram definidas em: Oeste Potiguar e o Vale do Açú.

A porção nordeste da bacia hidrográfica do Piranhas-Açú—RN é uma área conhecida como “Baixo-Açú”, por ocupar o baixo curso do rio Açú (GOMES, 2009), do qual faz parte o município de Pendências. Criado em 1953, com área de 419,14 km<sup>2</sup>, distante 210 km da capital, Natal; tem 13.432 habitantes, sendo 10.574 na área urbana e 2.858 na área rural; densidade populacional de 32 hab/km<sup>2</sup> (BRASIL, 2010). Limita-se com o município de Macau ao Norte e Leste, Alto do Rodrigues ao Sul e Oeste, e Carnaubais a Oeste (CPRM, 2005), entre as coordenadas geográficas 5°15’36” de latitude e 36°43’19” de longitude, na microrregião do Vale do Açú, mais precisamente no Baixo-Açú (figura 3.1), por localizar-se no baixo curso do Rio Piranhas-Açú, e mesorregião do Oeste Potiguar, com alt. de 20 m.

**Figura 3.1 – Mapa de localização do município de Pendências/RN**



Fonte: a autora (2013); elaborador: Anselmo Francisco da Silva

### 3.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PENDÊNCIAS–RN

O experimento foi instalado numa área de 1 ha, localizada próximo à Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da cidade de Pendências–RN.

O sistema de abastecimento de água da cidade é feito pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte/CAERN, com 2.855 ligações de água, abrangendo uma população de 7.755 habitantes. Aproximadamente, 41% do esgoto são coletados (referente a 1.161 ligações) e conduzidos até a ETE, que começou a ser operada em 2007 e fica localizada a 1 km da zona urbana do município, com vazão média de 8,0 L/s, medida pelo sistema de medidor automático para calha Parshall CIASEY/ITS 2000 (CAERN, 2013<sup>3</sup>).

O tratamento do esgoto é feito através do sistema de lagoa de estabilização em série, composto por uma lagoa facultativa e duas de maturação (LM1 e LM2). A figura 3.2 mostra a região onde está instalada a referida ETE e a área de reuso com instalação do experimento.

<sup>3</sup> Informação fornecida pela CAERN, em relatório anual dos dados para orçamento, referência 02/2013, p. 206.

**Figura 3.2 – Mapa de localização da ETE e área de reuso/Pendências – RN**



Fonte: adaptado do Google Earth (2013); elaborador: Ruan Otávio Teixeira

A tabela 3.1 contém os dados operacionais da referida ETE. O efluente final da LM2 é conduzido à área agriculturável através de um emissário, de tubos PVC com 200 mm.

**Tabela 3.1 - Características construtivas e de projeto da ETE/Pendências – RN**

Dados de projeto	LF*	LM1*	LM2*
Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	2.333	2.333	2.333
TDH (dias)	14	3	3
Profundidade útil (m)	1,50	1,50	1,50
Largura média (m)	100	40	40
Comprimento médio (m)	250	125	125
Área útil p/ unidade (m <sup>2</sup> )	25.000	5.000	5.000
Volume da lagoa (m <sup>3</sup> )	37.500	7.500	7.500

\*LF - lagoa facultativa; LM1- lagoa de maturação1; LM2 - lagoa de maturação 2

Fonte: CAERN (2011)

### 3.3 PERÍODO EXPERIMENTAL

O trabalho de campo teve início em janeiro/12 com a preparação do solo, estendendo-se até novembro de 2012 com as demais etapas, abrangendo o período de chuvas e de estiagem.

### 3.3.1 Preparo da área experimental

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 3.3), cuja vazão média é de 8,0 L/s. Antes do plantio, durante 30 dias, toda a área de 1 ha recebeu irrigação diária com efluente final da LM2, a fim de uniformizar o teor de umidade no solo e correção de deficiências nutricionais.

**Figura 3.3 — Preparação do solo na área do experimento**



Fonte: a autora (2013)

### 3.3.2 Subdivisão das parcelas

Para acompanhamento das variáveis determinadas foi feita a subdivisão da área do experimento em parcelas de 12m x 12m com dois tratamentos diferenciados, irrigação 5 vezes por semana (duas parcelas) e irrigação três vezes por semana (uma parcela), conforme discriminação no quadro 3.1:

**Quadro 3.1 – Demonstrativo das fases, horário e dias de irrigação do capim**

Fases do experimento	Períodos	Horário de irrigação	Dias de irrigação
<b>T1F1</b>	15/2 a 27/07/2012	Entre 6-7 até 10-11h	seg, ter, qua, qui, sex
<b>T1F2</b>	16/6 a 21/11/2012	Entre 6-7 até 10-11h	seg, ter, qua, qui, sex
<b>T2F única</b>	10/05 a 19/10/2012	Entre 6-7 até 10-11h	seg, qua, sex

Fonte: a autora (2013)

### 3.4 ANÁLISES DO EFLUENTE

Para avaliar a qualidade do efluente final foram coletadas quinzenalmente, no horário matutino (entre 7h55min e 12h10min), amostras do esgoto bruto e do efluente final da lagoa de maturação 2. A coleta do EB foi realizada na calha Parshall, que recebe o esgoto bombeado da estação elevatória; as amostras da LM2 foram coletadas no canal de saída do efluente e armazenadas em bombonas plásticas de 5 litros, acondicionadas em caixa de isopor com gelo, em temperatura de aproximadamente 8°C e conduzidas até o Laboratório de Microbiologia do IFRN.

#### 3.4.1 Parâmetros físico-químicos do efluente

As análises do efluente foram feitas para determinação dos seguintes parâmetros de natureza física (condutividade elétrica e temperatura) e química (sólidos suspensos, pH, nitrogênio orgânico e amoniacal, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio). O quadro 3.2 apresenta um resumo das metodologias utilizadas de acordo com o APHA (2005).

**Quadro 3.2 - Parâmetros, técnicas e referências utilizadas nas análises do efluente**

Parâmetros	Técnicas	Referências
Condutividade elétrica	Eletrometria	APHA – 2510
Cálcio	Titulometria	APHA – 3500-Ca
Fósforo	Digestão/colorimétrica	APHA – 4500-P
Magnésio	Titulometria	APHA – 3500-Mg
Nitrogênio orgânico	Digestão/destilação/titulação	APHA – 4500-Norg
Nitrogênio amoniacal	Titulometria	APHA – 4500-NH <sub>3</sub>
Potássio	Fotométrico	APHA – 3500-K
Potencial hidrogeniônico	Eletrometria	APHA – 4500-H
Sódio	Fotométrico	APHA – 3500-Na
Sólidos totais dissolvidos	Gravimétrico	APHA – 2540-D
Temperatura	Termômetro filamento de mercúrio	APHA – 2550

Fonte: a autora (2013)

#### 3.4.2 Análise microbiológica do efluente

Foram feitas 19 coletas de esgoto bruto e efluente da LM2, entre fevereiro e novembro de 2012, para análise de coliformes termotolerantes, que foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do IFRN, para determinação quantitativa do número mais provável (NMP/100 mL), procedida de acordo com o método de tubos múltiplos (APHA, 2005).

A avaliação da eficiência na remoção de coliformes foi expressa em escala logarítmica, segundo Von Sperling (tabela 3.2), conforme o percentual cujos cálculos foram feitos de acordo com as equações abaixo:

$$\text{Eficiência} = (N_0 - N) / N_0 = 1 - 10^{-\text{unid.log.remov.}} \quad (1)$$

$$\text{Unid. Log. Removida} = -\log_{10} (1 - \text{eficiência}) \quad (2)$$

**Tabela 3.2 – Percentual de remoção de Cterm de acordo com a quantidade de unidades log removidas**

Eficiência de remoção	
Unidades log removidas	Percentual (%)
1	90
2	99
3	99,9
4	99,99

Fonte: Von Sperling (2005)

### 3.5 ANÁLISE DO CAPIM

#### 3.5.1 Plantio do capim-elefante-roxo (*Pennisetum purpureum* Schumach)

O plantio do capim elefante foi realizado de forma manual, enterrando-se a uma profundidade de 10 cm, na horizontal, 1 estaca (muda) com 3 gemas, espaço 0,5 m entre estacas e 1,0 m entre fileiras (GOMIDE, 1997). Essa cultivar foi escolhida pela facilidade de encontrar mudas na região, pois muitos agricultores já dispõem de áreas cultivadas com essa espécie.

#### 3.5.2 Variáveis mensuradas na planta

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 270 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, sendo feita a medida com uma fita métrica;
- 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 foi medida com uma fita métrica, na parte mais larga da folha;
- d) tamanho da folha (cm)** – semelhante à largura, o comprimento foi medido com fita métrica, da bainha até o ápice da folha, sendo feita a medida com uma fita métrica.

### **3.5.3 Análise microbiológica do capim**

Para a análise microbiológica o capim foi coletado em sacos de papel (furados); em seguida as folhas foram picadas com tesoura esterilizada, uma porção de 25g foi pesada no laboratório e colocada em um béquer de 500 mL com 225 mL de água de diluição (adaptada de SIQUEIRA, 1995). Após a homogeneização da solução, o béquer era coberto com papel alumínio e deixado em repouso por uma hora. Após esse período foi procedida a inoculação da solução, utilizando a técnica de tubos múltiplos (APHA, 2005), para determinação do número mais provável (NMP/100 mL); as análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do IFRN.

### **3.5.4 Determinação de massa verde (MV) e massa seca (MS)**

A determinação da massa seca foi realizada pelo método gravimétrico, de acordo com Silva (2009). As plantas foram cortadas rentes ao solo, picadas e acondicionadas em sacos de papel (furados para permitir a circulação do ar) colocadas em estufa modelo TE 035-5 a temperatura de 105 °C até a obtenção da massa constante, determinada através de pesagem em balança eletrônica Instrutherm BDR 131, precisão de 0,01 g.

### **3.5.5 Análise estatística**

A estatística foi feita com o objetivo de verificar se o crescimento médio das plantas, levando em contas as variáveis: Altura da Planta, Diâmetro do Caule, Largura da Folha e Tamanho da Folha diferem em relação ao uso de dois tipos de irrigação.

A metodologia utilizada para alcançar o objetivo almejado por esta pesquisa foi a técnica de Análise Multivariada (MANOVA), para verificar conjuntamente se os dois tipos de

irrigação diferem levando em conta as 4 variáveis anteriormente mencionadas. O método usado nesse trabalho foi a estatística  $T^2$  de Hotelling e o t-Student, a fim de saber em quais variáveis os dois tratamentos são diferentes (HAIR, 2005).

Os dados obtidos foram digitados e armazenados no programa Microsoft Excel versão 2010. O banco de dados foi exportado para o software R versão 2.15.1, o qual foi utilizado como principal ferramenta para fazer as análises estatísticas, em que todos os testes, gráficos, cálculos matemáticos e outros, foram implementados no “R”, buscando sempre dar uma melhor visualização dos resultados.

### 3.6 ANÁLISES DO SOLO

Para análise de fertilidade, amostras foram coletadas logo após o preparo do solo, antes do lançamento do efluente em cinco pontos dentro da área de 1 ha, na profundidade de 0-20 cm, com um trado holandês. Após a avaliação dos resultados, escolheu-se dois pontos com melhores condições de solo para a montagem do experimento. Durante a pesquisa foram feitas cinco análises do solo no T1 (T1F1 e T1F2), e quatro, no T2. Ao final da pesquisa foi realizada análise do solo (amostra composta) de uma área onde não havia recebido nenhum efluente, (solo virgem) para comparação com os demais resultados dos dois pontos do experimento.

Após devidamente acondicionadas em sacos plásticos estéreis de 2 kg, as amostras foram identificadas e enviadas à Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN), para determinação da granulometria, fertilidade, micronutrientes, matéria orgânica, nitrogênio e condutividade elétrica, de acordo com recomendação de Silva (2009).

A classificação dos solos quanto à salinidade, em função da condutividade elétrica do extrato da saturação (CE), da porcentagem de sódio trocável (PST) e do potencial hidrogeniônico (pH) foi feita de acordo com a classificação de Richards (1954, citado por E.P.A.,1991), tabela 3.3:

**Tabela 3.3 – Classificação de solos com problemas de sais**

Classe do solo	CE (dSm <sup>-1</sup> )	PST (%)	pH
Normal	<4	<15	variável
Salino	>4	<15	<8,5
Sódico	<4	>15	8,5-10
Salino-sódico	>4	>15	+ ou - 8,5

Fonte: Richards (1954)

Os riscos de salinidade do solo e da água foram avaliados através da Relação de Adsorção de Sódio (RAS), que relaciona as concentrações de  $\text{Na}^+$  às concentrações de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  nas águas de irrigação e em extratos de saturação de solos, calculados de acordo com Ayers e Westcot (1991), a partir da seguinte relação:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

### 3.7 PRODUÇÃO DE BRIQUETES

#### 3.7.1 Coleta da biomassa para produção de briquetes

Uma semana antes do corte do capim a irrigação foi cessada. Após este procedimento, dentro da parcela de 12 m x 12 m, foi escolhida uma nova área de 3 m x 3 m para o corte do capim (com 160 DAP), eliminando-se a bordadura, ao término de cada fase (T1F1 jul/12; T1F2 nov/12; T2 F única, out/12), em seguida o capim foi pesado em uma balança eletrônica Toledo modelo 2090 XVII – Verificação Sub 01681021. A figura 3.4 abaixo mostra como foi feita a coleta dentro da parcela.

**Figura 3.4 – Demonstração da subparcela onde foi feito o corte do capim na área experimental**



Fonte: a autora (2013)

### 3.7.2 Processo industrial do briquete

#### 3.7.2.1 Secagem e cominuição do capim

O capim cortado da área útil (3m x 3m) foi pesado, depois exposto ao sol sobre uma lona plástica, com reviramento a cada dois dias. A redução da umidade foi acompanhada com pesagens até se obter peso constante, alcançado entre 10 e 12 dias após o corte.

Com aproximadamente 30% de base úmida o capim foi levado à fábrica de briquetes Engenho Santa Luzia, localizada no Distrito de Santa Luzia, município de Touros–RN, para ser processado em moinho tipo martelo 50 Cv – modelo MML 980, LIPPEL, para uniformizar o tamanho das partículas entre 5-10 mm, tamanho ideal para briquetagem.

O material foi colocado em um secador rotativo, modelo SRL 500 LIPPEL, com capacidade de secagem a temperatura entre 150 e 300 °C, para reduzir a umidade em torno de 12-15 %, ideal para briquetagem.

#### 3.7.2.2 Processo de adensamento da biomassa

Os briquetes foram produzidos numa briquetadeira LIPPEL, modelo BL-95 (Figura 3.5), tipo mecânico, motor de 75 Cv, peso 5.000 kg, com capacidade produtiva de 1.500 kg/h; De maneira geral, tem 30-40 cm de comprimento e 4-10 cm de diâmetro (figura 4.4a; b); os que apresentam tamanhos menores de 4 cm e diâmetro de 0,5 a 1,8 cm, são chamados de peletes

**Figura 3.5 – Máquina de adensamento do material (briquetadeira)**



Fonte: a autora (2013)

### 3.7.2.3 Resfriamento, corte e armazenamento

Após o processo de adensamento o material prensado passa por um conduto de resfriamento com 6 metros de comprimento, depois cortado no tamanho entre 300 – 400 mm (figura 3.6). As peças prontas são colocadas em sacos com suporte para 40 kg e armazenadas num galpão coberto, onde fica até ser vendido e entregue ao cliente.

**Figura 3.6 – Corte do briquete após resfriamento**



Fonte: a autora (2013)

### 3.7.2.4 Teor de umidade do briquete

Para determinar o teor de umidade do briquete foram cortadas três amostras de 500 g, em seguida levadas à estufa a 105 °C até a obtenção do peso constante.

### 3.7.2.5 Determinação do poder calorífico do briquete

O poder calorífico superior do briquete foi realizado no Laboratório de Termodinâmica do Departamento de Engenharia Química da Universidade de Rio Grande do Norte, com utilização de bomba calorimétrica modelo PARR. O procedimento experimental seguiu a metodologia de Bueno e Degréve (1980), expresso em Kcal/kg.

### 3.8 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL

A concretização de uma pesquisa só pode ser efetivamente implantada quando os atores sociais, que estão intrinsicamente relacionados, tomam consciência no sentido da resolução do problema. Baseado nisso, buscou-se saber a concepção desses atores para com o tema, ou seja, a substituição da lenha pelo briquete, nas suas atividades.

#### 3.8.1 Estratégia da pesquisa

Utilizou-se a entrevista estruturada, pois ela contribui de forma detalhada para a coleta de informações sobre questões socioambientais, possibilitando interação social entre a pesquisadora e os segmentos da amostra que fazem parte do fenômeno pesquisado ou tem alguma relação direta. Durante a elaboração da estratégia piloto, fez-se previamente o preenchimento de formulários<sup>4</sup> com perguntas abertas e fechadas, desenvolvidas a partir de uma relação fixa de perguntas (dispondo de um roteiro pré-formatado) versando sobre temas afeitos à pesquisa. No tratamento das questões fechadas, utilizou-se como técnica de interpretação a análise descritiva (GIL, 2007; KIDDER, 1987).

Este trabalho foi configurado na seguinte ordem: determinação da amostragem, elaboração do instrumento de coleta de dados, aplicação do instrumento, tabulação e análise dos dados.

Os contatos ocorreram de forma harmônica e com participação de uma boa parte das pessoas contatadas. O convite a participar da pesquisa foi feito sempre ao gerente ou ao próprio dono do empreendimento, com plena garantia do anonimato. Contudo, considera-se algumas limitações de disponibilidade de horário para as entrevistas já que eram realizadas no horário do expediente.

#### 3.8.2 Determinação da amostra

A amostra é do tipo probabilista intencional, cujos elementos são escolhidos pela especificidade e as informações podem ser consideradas representativas para toda a população (GIL, 2002) e foi determinada em razão do consumo energético, ou seja, todos aqueles que fazem seus produtos de comercialização utilizando a lenha ou o carvão vegetal como fonte de

---

<sup>4</sup> Formulário: o pesquisador formula questões previamente elaboradas e anota as respostas. (GIL, 2002)

queima, tais como: padarias (11), queijaria (1), restaurantes (7) e cerâmicas (10), em nove municípios do Baixo-Açu/RN.

Buscou-se com esse instrumento saber a percepção das pessoas envolvidas com atividades que demandam por energia e cujo consumo está atrelado a retirada da vegetação da caatinga, no sentido da mudança de hábito, na busca de uma energia mais limpa, menos agressiva ao meio ambiente e mais sustentável.

Foram aplicados trinta e três formulários (ver apêndice), sendo a primeira série de entrevistas realizada no dia 24 de julho/12 nos municípios de Afonso Bezerra e Itajá; dia 25/07 em Açu, Ipanguaçu e Carnaubais; dia 26/07 Alto do Rodrigues, Pendências e Porto do Mangue; a última série foi no município de Macau, realizada de 20 a 24 de agosto de 2012.

### **3.8.3 Análise estatística dos formulários**

Para a organização e tabulação dos formulários foi utilizado um software de apoio Estatístico o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), com o objetivo de atingir o melhor entendimento possível (OLIVEIRA, 2008).

Para melhor compreensão, foram editados os resultados estabelecidos para as variáveis contidas e suas relações com a mudança da matriz energética atual. Após a tabulação, foram utilizadas as técnicas de: Estatística Descritiva, Distribuição de Frequência, Média, Desvio Padrão, Mínimo e Máximo.

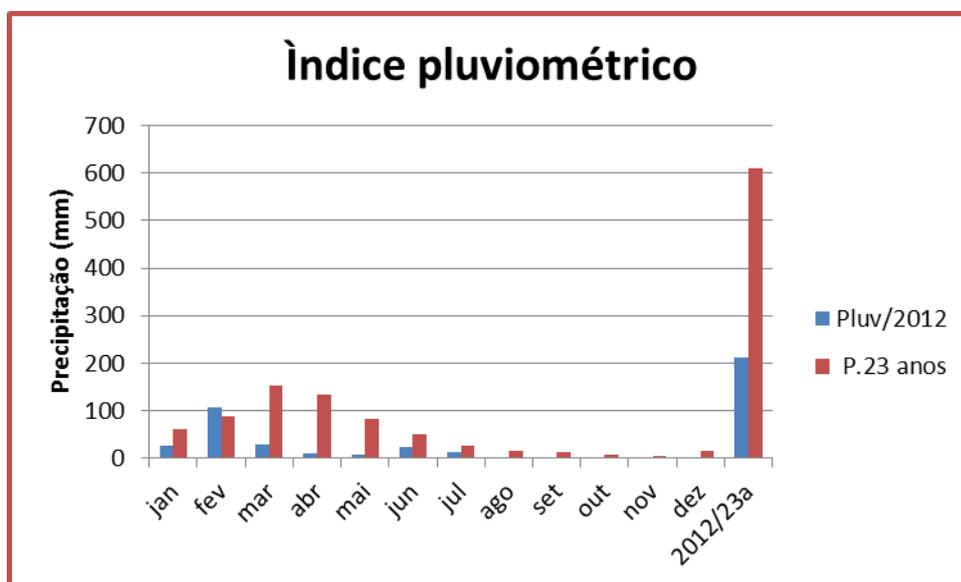
## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:ASPECTOS AMBIENTAIS

Nesta seção estão apresentados os resultados obtidos na pesquisa de campo, análises laboratoriais e pesquisa bibliográfica, bem como discussão dos mesmos, à luz da literatura vigente. A dimensão ambiental se traduz em: dados climatológicos, análise do efluente, capim, solo e da lenha artificial, o briquete.

### 4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS

As precipitações pluviométricas mensais do ano de 2012, cujo período experimental ocorreu entre fevereiro e novembro, estão apresentadas no gráfico 4.1, tendo o volume de chuvas acumulado atingido apenas 212,8 mm (CPRM, 2013<sup>5</sup>), inferior em 65 % em relação à média histórica dos últimos 23 anos de 610 mm. Essa situação de seca foi sentida pelos agricultores locais, em especial nas pequenas propriedades rurais da região, que têm as chuvas como principal fonte hídrica para suas lavouras.

**Gráfico 4.1 – Índice pluviométrico mensal do ano de 2012 e média dos últimos 23 anos no município de Pendências–RN**



Fonte: elaborado pela autora, com dados obtidos na CPRM (2013)

Durante a primeira fase de acompanhamento do crescimento do capim elefante, entre fevereiro e julho/12, o volume acumulado das precipitações foi de 187 mm; na segunda fase,

<sup>5</sup> Informação fornecida via e-mail institucional em 15/01/13

entre maio e outubro/12 foi de 41,9 mm, e na terceira fase, entre junho e novembro foram apenas 34,5 mm; o período de insolação na região é de 2.400 a 2.700 h/ano.

## 4.2 ANÁLISE DO EFLUENTE

Os esgotos domésticos são compostos por matéria orgânica e inorgânica nas formas dissolvida, coloidal e em suspensão. Para Paganini (1997), a concentração dos vários componentes depende de fatores como:

- Característica específica das águas de abastecimento;
- Usos aos quais essas águas são submetidas;
- Clima da região;
- Condições socioeconômicas e hábitos da população;
- Consumo *per capita* de água;
- Presença de despejos industriais no sistema público.

Neste trabalho a análise do efluente foi realizada visando à utilização na irrigação do capim-elefante-roxo, com a finalidade de produzir biomassa para fabricação de briquetes, relacionando também o lançamento deste no solo da área experimental, para verificar as alterações oriundas dessa disposição.

### 4.2.1 Características do efluente da lagoa de maturação 2

A tabela 4.1 contém os valores médios encontrados no efluente, quanto à salinidade e sodicidade, e o grau de restrição para uso na irrigação segundo as diretrizes de Ayers e Westcot (1991), de acordo com as variáveis: condutividade elétrica (C.E.), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura do esgoto (Te) e a razão de adsorção de sódio (RAS).

**Tabela 4.1 – Valores médios da C.E., STD, Te e RAS encontrados no efluente da LM2 – ETE - Pendências–RN, e os limites segundo as diretrizes de Ayers e Westcot (1991) - fev a nov de 2012**

Variáveis	C.E. (dS/m)	STD (mg/L)	Te (°C)	RAS
Média (LM2)	2,2	1157	28	7,0
Diretrizes Ayers e Westcot	0,7-3,0	450-2000		3-9
Grau de restrição	ligeira a moderada	ligeira a moderada	Nd	ligeira a moderada

Fonte: a autora – Projeto Caatinga Viva (2013); Nd não determinado

#### 4.2.1.1 Temperatura do efluente (Te)

A temperatura apresentou amplitude de variação em torno de 5 °C (25-30 °C), com média de 28 °C (tabela 4.1) e está em consonância com os padrões de lançamento em corpos receptores. Valores idênticos de temperatura no efluente final foram registrados em dez sistemas de lagoas de estabilização de municípios do Rio Grande do Norte, cuja média variou entre 27 e 30 °C, de acordo com o Relatório da FUNASA (2010). Cavalcante (1997), em estudo realizado na ETE da cidade de Guarabira–PB registrou 29,5 °C como valor médio da temperatura do efluente final.

Dentre os fatores ambientais, a temperatura é um dos mais importantes, uma vez que pode alterar a velocidade do metabolismo das bactérias e vírus (PAGANINI, 1997), tendo também implicações sobre distintos parâmetros físico-químicos, que por sua vez, pode afetar a qualidade da água para irrigação.

A resolução CONAMA nº 430/11, no Artigo 21 estabelece que, para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas condições de padrões específicos, entre eles, a temperatura inferior a 40 °C. Então, baseado na referida resolução, o efluente da ETE/Pendências encontra-se dentro dos padrões estabelecidos.

Segundo Paganini (1997), a temperatura do esgoto pode estar acima da temperatura do ar, porém, os resultados aqui encontrados não corroboram com tal afirmação, já que a temperatura do ar no município de Pendências, em 2012, teve média de 32 °C e o esgoto chegou a 30 °C, no máximo. Talvez o pesquisador tenha se referido a regiões frias, não sendo coerente comparar esse dado com a realidade do semiárido.

#### 4.2.1.2 Salinidade

Baseado na classificação das águas para irrigação, de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, a salinidade da água com C.E. média de 2,2 dS/m (tabela 4.1) encontra-se com risco alto, categoria C3. A salinidade é considerada o parâmetro mais importante para se determinar à adequação da água para irrigação que, juntamente com os STD é determinado o grau de salinidade da água.

A condutividade elétrica exprime numericamente a capacidade de uma água conduzir corrente elétrica. Ela depende das concentrações iônicas e da temperatura da amostra, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água. O conjunto desses sais é chamado

sólidos totais dissolvidos e representa todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados a condutividade da água aumenta.

Analisando ainda a C.E. à luz das diretrizes de Ayers e Westcot (1991), que estudaram a qualidade da água para irrigação por superfície, verifica-se que o grau de restrição para uso do efluente estudado é de ligeira a moderada, sobretudo, refere-se aos efeitos em longo prazo, sobre a produção das culturas nas condições de solo e manejo agrícola.

Condição semelhante também se verifica para os sólidos totais dissolvidos, em média 1.157 mg/L (tabela 4.1) que, de acordo com os autores anteriormente mencionados, tem o mesmo grau de restrição para uso do efluente, de ligeira a moderada (STD entre 450 – 2000 mg/L e C.E. entre 0,7 – 3,0 dS/m, para Ayers e Westcot, 1991). Esses valores registrados da C.E. e STD podem ser atribuídos às condições de temperatura elevada e pluviosidade baixa no período do experimento, de apenas 212,8 mm, apresentando uma estiagem das mais extremas dos últimos 50 anos, no semiárido.

Em estudo realizado na Paraíba a C.E. registrada variou entre 0,7 dS/m no efluente final da ETE de Cajazeiras e 2,5 dS/m de Monteiro; estudo feito no PROSAB/RN, Abujamra et al. (2005, citado por MEDEIROS, 2007) encontraram uma C.E. de 0,9 dS/m, podendo-se concluir que os efluentes estudados estão nos mesmos padrões (para C.E.) dos encontrados em Pendências, com restrição de uso para irrigação, de ligeira a moderada.

Ainda nos estudos feitos por Medeiros, os valores médios de STD encontrados ficaram entre 513 mg/L em Itaporanga e 1274 mg/L em Patos, cujos valores são semelhantes aos encontrados neste estudo.

#### 4.2.1.3 Sodicidade

O valor médio da RAS no efluente estudado foi 7,0 e encontra-se dentro dos padrões citados por Feigin (1991), na faixa de 4,5 – 7,9 para efluentes domésticos; em relação ao risco de diminuição da permeabilidade (sodicidade), encontra com baixo risco, **classe S1**, conforme classificação de Richard, 1954 (citado por Almeida, 2010).

Concentrações altas de sódio conduzem a deterioração das condições físicas do solo (saturação do solo com água). A razão de adsorção de sódio (RAS) é utilizada para determinar a existência de problemas de infiltração. O aumento das concentrações dos íons  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  abaixa os valores da RAS, melhorando a qualidade do efluente e da água de irrigação (FEIGIN et al., 1991).

Na literatura várias pesquisas mostram efluentes com restrição de uso de ligeira a moderada quanto aos problemas potenciais de infiltração, é o caso do trabalho feito por Medeiros (2007) no estado da Paraíba, em que os valores da RAS variaram de 0,7 dS/m em Cajazeiras a 2,5 dS/m em Monteiro; trabalho realizado por Santiago et al. (2000, citado por MEDEIROS, 2007), em Maracanaú/CE, registraram RAS de 13,18 também em efluente final de lagoa de estabilização.

#### 4.2.2 Características químicas e microbiológicas do efluente da LM2

Os elementos químicos monitorados no efluente foram: potencial hidrogênioônico (pH); nitrogênio orgânico ( $N_{org}$ ); nitrogênio amoniacal ( $N_{amon}$ ); fósforo (P); potássio (K); sódio (Na); cálcio (Ca) e magnésio (Mg). A tabela 4.2 mostra os valores médios e máximos encontrados na LM2 para estes parâmetros:

**Tabela 4.2 – Valores médios dos elementos químicos encontrados no efluente de Pendências–RN  
-- fev a nov/2012-**

Variáveis	pH	$N_{org}$ mg/L	$N_{amon}$ mg/L	PT mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na (mg/L)	Ca (mg/L)
<b>Média</b>	8,2	2,9	6,2	7,5	42	89,0	446,5	159,5

Fonte: a autora – Projeto Caatinga Viva (2013)

##### 4.2.2.1 Potencial hidrogênioônico (pH)

Foi observada a tendência de aumento do pH, cujos valores variaram entre 7,4 e 9,0 com concentração média na faixa de 8,2 (alcalino) e encontra-se dentro dos limites determinados pela Resolução CONAMA/430 de maio de 2011, que, segundo a referida resolução pode variar entre 5 e 9 para lançamento em corpos receptores.

Para Paganini (1997), o pH da água para irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4, mas flutuações sazonais podem ser esperadas, particularmente se os esgotos sofrerem armazenamento antes da efetiva disposição no solo. O pH é um fator de influência no crescimento das plantas, dada as limitações que o mesmo pode trazer, quando em níveis muito abaixo ou acima do suportado pelas culturas.

Os resultados do pH desta pesquisa (8,2) estão de acordo com os valores registrados no efluente final em dez sistemas de lagoas de estabilização monitorados em municípios do Rio Grande do Norte, cuja média esteve entre 7,6 e 9,0 (FUNASA, 2010). Em estudo feito na

Paraíba registrou-se pH mínimo de 6,3 na ETE de Itaporanga e máximo de 9,9, bastante elevado, na ETE de Cajazeiras (MEDEIROS, 2007), divergindo um pouco dos dados da presente pesquisa, cujo pH máximo registrado foi 9,0. Cavalcante (1997), em pesquisa realizada também na Paraíba, na ETE de Guarabira, encontrou pH médio entre 7,0 e 7,5, melhor que os mencionados anteriormente.

#### 4.2.2.2 Nitrogênio (N)

Os valores obtidos no efluente da lagoa de maturação 2 apresentaram média de 6,2 mg/L de nitrogênio amoniacal, e o nitrogênio orgânico teve 2,9 mg/L em média (gráfico 4.2), que de acordo com Metcalf e Eddy (2003), a concentração é considerada fraca, para ambos. Porém, baseado nestes dados, a contribuição desses elementos para o solo é de 4,3 kg/dia de  $N_{\text{amon}}$  e 2 kg/dia de  $N_{\text{org}}$ , o que dá uma média de 1.569,5 kg/ano e 730 kg/ano, respectivamente.

Os resultados de  $N_{\text{amon}}$  em SLE de dez municípios do RN, de acordo com o Relatório da FUNASA (2010), tiveram média entre 5,1 e 32,9 mg/L e o  $N_{\text{org}}$ , entre 0,3 e 14,7 mg/L, o que demonstra que os valores desta pesquisa estão em consonância com as demais realidades dos efluentes do Estado.

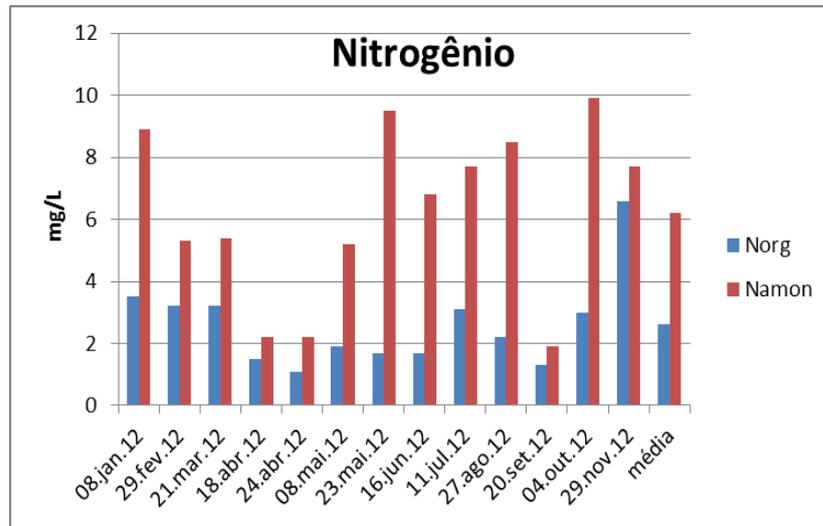
De acordo com a OMS (2006), o nitrogênio é um macro nutriente necessário para as plantas, que pode ser encontrado nas águas residuárias de diversas formas, desde amônia, nitrogênio orgânico até formas mais oxidadas como nitrito e nitrato. É o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas e para as plantas é ao mesmo tempo nutriente e estimulante de seu crescimento, mas pode ser também um fator limitante em altas concentrações e prejudicar a planta. A presença acima de 30 mg/L torna prejudicial às plantas, podendo causar tetania<sup>6</sup> do capim, uma doença relacionada ao desequilíbrio de N, Mg e K (WHO, 2006, cap. 8).

No esgoto fresco o nitrogênio está quase todo combinado sob a forma de proteína e ureia. As bactérias, no seu trabalho de oxidação biológica, transformam o nitrogênio presente primeiramente em amônia, depois em nitritos e, por último, em nitratos. Então a concentração com que aparecem sob essas várias formas indica a idade do esgoto (PAGANINI, 1997).

---

<sup>6</sup> De acordo com a WHO (2006, cap.8) a tetania é uma doença relacionada ao desequilíbrio de nitrogênio, potássio e magnésio em capim.

**Gráfico 4.2 – Valores de nitrogênio amoniacoal e orgânico no efluente  
- fev a nov de 2012 - Pendências–RN**

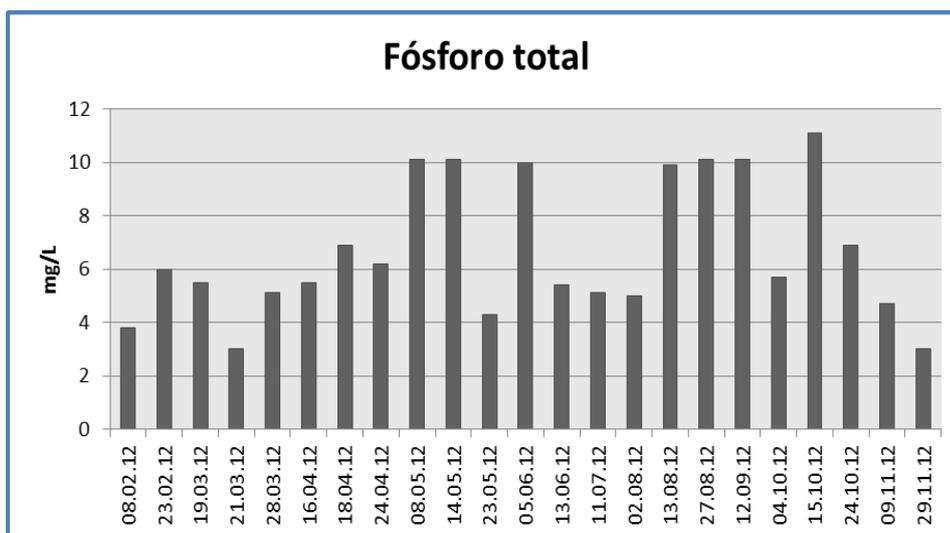


Fonte: a autora – Projeto Caatinga Viva (2013)

#### 4.2.2.3 Fósforo total (PT)

De acordo com o gráfico 4.3 o fósforo apresentou uma variação entre 3,0 e 11,1 mg/L, que de acordo com Metcalf e Eddy (2003 p.125) pode-se considerar de concentração média. O valor médio de 7,5 mg/L (Tabela 4.2) está de acordo com os valores registrados em sistemas do Rio Grande do Norte, que figura entre 1,7 mg/L e 7,6 mg/L em lagoas de dez municípios, monitoradas entre 2008 e 2009 (FUNASA, 2010).

Os maiores índices foram registrados após as 9h10min da manhã, horário em que as pessoas estão em plena atividade de limpeza doméstica, como lavagem de roupas, louças etc, utilizando detergentes e outros produtos que apresentam em sua composição elementos fosfatados, ou ainda podem ser originários da urina humana. Mesmo assim, a água residual tem normalmente pouca quantidade de fósforo, então, seu uso para a irrigação é benéfico e não impacta negativamente o ambiente (WHO, 2006). A contribuição de fósforo no solo deixada pelo efluente é em média de 5,2 kg/dia, ou seja, 1.898 kg/ano.

**Gráfico 4.3 – Valores do fósforo total no efluente - fev a nov/12 - Pendências–RN**

Fonte: a autora – Caatinga Viva (2013)

#### 4.2.2.4 Potássio (K)

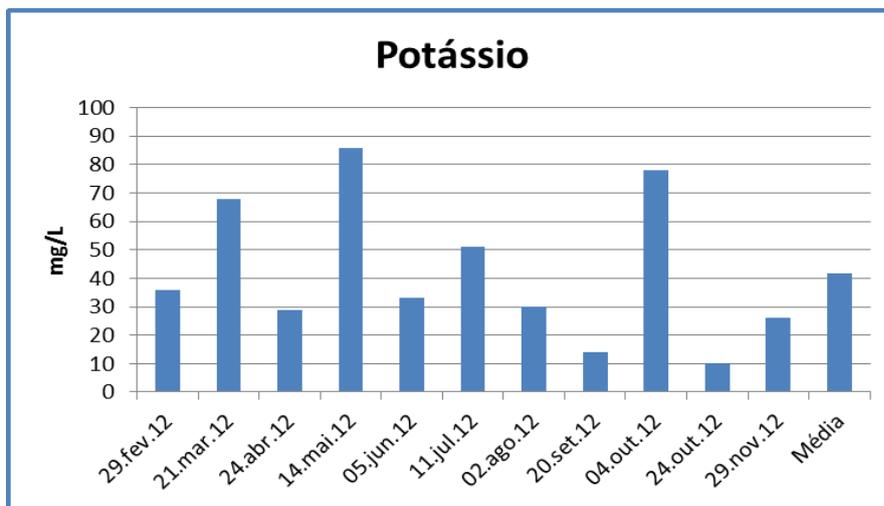
As variações do potássio no efluente estão de acordo com o gráfico 4.4, com valores mínimos de 10 mg/L, máximo 86 mg/L e média de 42 mg/L, o que dá em média 29,2 kg/dia de potássio disposto no solo, contribuindo assim, com 10.658 kg/ano, de potássio para o solo.

As diretrizes da WHO (2006, cap.8) indicam que as concentrações do potássio em águas residuais são baixas e que seu uso na agricultura normalmente não causa impactos ambientais. Feigin et al.(1991) analisaram as concentrações do potássio em água residuária e encontraram valores entre 10-40 mg/L. Isso mostra que o efluente de Pendências tem essa mesma tendência.

Embora esta estimativa (dos valores de N, P, K) não contemple um aspecto fundamental que é a forma como os nutrientes se encontram no efluente, fica evidenciado o potencial de uso da água residuária doméstica.

Vários estudos comprovaram a importância da irrigação com efluentes em suprir, em parte, as quantidades dos elementos, principalmente o nitrogênio, fósforo e potássio, requeridos pelas culturas, aumentando a produtividade agrícola (RODRIGUES et al., 2009).

**Gráfico 4.4 – Valores do potássio no efluente - fev a nov/12 - Pendências–RN**



Fonte: a autora – Projeto Caatinga Viva (2013)

Em geral o setor agrícola dispense grandes quantidades de recursos em fertilizantes químicos para compensar as necessidades das culturas de nitrogênio, fósforo e potássio. Essa prática de complementação adicional de fertilizantes químicos, quando ocorre à utilização de esgoto, pode ser bastante reduzida ou até mesmo extinguida.

As variações que o esgoto doméstico pode apresentar tem influência do local, da época do ano em que o mesmo está sendo lançado, como também pode variar de acordo com o horário, haja vista haver uma sazonalidade devido às modificações de hábitos domésticos durante todo o dia.

#### 4.2.2.5 Coliformes termotolerantes

A tabela 4.3 apresenta as concentrações dos coliformes termotolerantes no esgoto bruto (EB) em que se mostraram muito elevadas, com variações em 4 unidades log entre o mínimo ( $2,00E+08$ ) e máximo ( $1,60E+12$ ); não houve diferença entre o período de chuvas (fevereiro a julho) e o de seca (agosto a novembro), permanecendo os valores muito próximos, com média de  $5,18E+11$ ; o efluente final (EF) apresentou média de  $6,23E+03$ , mínimo de  $7,90E+01$  e máximo  $4,50E+04$ , demonstrando a eficiência do sistema de lagoa de estabilização.

**Tabela 4.3 – Valores de coliformes termotolerantes no esgoto bruto e efluente final de Pendências–RN -- fev a nov/2012**

<b>Data</b>	<b>Horário</b>	<b>EB (UFC/100mL)</b>	<b>EF/LM2 (UFC/100mL)</b>	<b>Redução C<sub>term</sub>/unid.log</b>
08.02.2012	10:42	1,70E+10	2,00E+03	7
23.02.2012	12:10	3,50E+10	3,30E+02	8
29.02.2012	09:15	2,00E+08	8,00E+03	5
19.03.2012	09:07	3,50E+11	2,00E+03	8
21.03.2012	10:34	4,00E+08	1,10E+02	6
28.03.2012	09:43	3,00E+09	1,30E+04	5
16.04.2012	10:50	3,50E+11	4,90E+02	9
08.05.2012	08:27	1,60E+12	4,00E+03	9
14.05.2012	11:22	1,60E+12	4,00E+03	9
23.05.2012	09:14	5,50E+09	4,90E+02	7
05.06.2012	10:30	9,20E+10	4,50E+04	6
13.06.2012	09:17	4,90E+09	1,30E+03	6
13.08.2012	10:46	3,50E+10	7,90E+01	9
12.09.2012	12:10	9,20E+11	3,10E+04	7
20.09.2012	09:15	2,80E+10	2,00E+03	7
04.10.2012	09:07	1,60E+12	2,00E+03	9
15.10.2012	10:34	1,60E+12	4,60E+02	10
09.11.2012	10:50	1,60E+12	4,90E+02	10
29.11.2012	10:34	2,00E+09	2,10E+03	6
	<b>Média</b>	<b>5,18E+11</b>	<b>6,26E+03</b>	<b>7,5</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>6,99E+11</b>	<b>1,19E+04</b>	<b>1,56</b>
	<b>Máximo</b>	<b>1,60E+12</b>	<b>4,50E+04</b>	<b>10</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>2,00E+08</b>	<b>7,90E+01</b>	<b>5</b>

Fonte: a autora – Projeto Caatinga Viva (2013)

A qualidade sanitária da água residual pode ser avaliada através de indicadores internacionais de contaminação fecal, os coliformes termotolerantes ou coliformes fecais, bem como a presença de outros organismos patogênicos (que tendem a morrer antes dos coliformes), sendo variável a quantidade aceitável, pois depende de como a água vai ser reutilizada. Para León e Cavalinni, (1991) o esgoto doméstico contém grande variedade de organismos patogênicos que podem ser: vírus, bactérias, protozoários e helmintos, excretados pelas pessoas doentes, que podem provocar enfermidades, como diarreias, tifo, hepatite, entre outras.

O sistema de lagoa de estabilização é conhecido por proporcionar condições ambientais desfavoráveis à sobrevivência de C<sub>term</sub>. Para Mota, Aquino e Santos (2007) o TDH de 20–30 dias é benéfico para a remoção de C<sub>term</sub> e produz efluente com boa qualidade

sanitária. É o caso do efluente oriundo do sistema de L.E. em estudo, que tem o TDH de 22 dias.

A avaliação da eficiência do sistema baseada na redução de  $C_{term}$ , em unidades log foi bastante eficiente, manteve 7 em média, mínimo 5 e máximo 10 log de redução no efluente final, que, de acordo com as diretrizes de Von Sperling (2005), teve redução média de 99,999999%, resultado bastante salutar para uso na agricultura. Nos termos dos padrões microbiológicos para uso de esgoto doméstico tratado na agricultura, o efluente final apresenta condições favoráveis para tal, tanto na categoria de irrigação irrestrita<sup>7</sup> como restrita, necessitando ainda de investigação na remoção de patógenos, tais como: vírus, helmintos e outros gêneros de bactérias.

O monitoramento em 10 ETEs do estado da Paraíba revelou valores muito elevados de  $C_{term}$  no efluente final, entre  $10,0E+04$  e  $10,0E+07$  UFC/100 mL, estando dessa forma, com concentrações típicas de esgoto bruto, isso pode ser um sinal de alerta para a ineficiência dos sistemas monitorados, que deixa a água residuária fora dos padrões para reuso na irrigação irrestrita, que deve ter  $\leq 1000$  UFC/100 mL.

Leite et al. (2005, citado por MEDEIROS, 2007), estudando o efluente de uma série de L.E. na EXTRABES em Campina Grande/PB, encontraram concentração de  $C_{term}$  no EF de  $1,0E+03$  UFC/100mL para ser aplicado na fertirrigação. Ainda na Paraíba, Cavalcante (1997), estudando as concentrações de coliformes no EF da ETE/Guarabira o número mais provável foi da ordem de  $2,9E+05$  UFC/100mL, valores elevados pelos padrões estabelecido para uso em irrigação irrestrita, de acordo com as diretrizes da WHO (2006).

No Rio Grande do Norte, estudo feito por Silva Filho (2007), em 78 sistemas de lagoa de estabilização mostrou efluente com média de  $C_{term}$  entre  $9,35E+04$  e  $1,42E+06$  UFC/100mL. Outro estudo feito em 10 sistemas de L.E. do estado revelou que o valor médio da concentração de  $C_{term}$  no efluente final variou de  $2,00E+02$  a  $1,30E+05$  UFC/100 mL (FUNASA, 2010). Não foi verificada concentração tão alta do EB como no presente estudo, o que indica que a escassez de água nessa região do semiárido leva à alta concentração do esgoto.

Sem dúvida, os maiores cuidados sanitários com o efluente devem ser tomados quando se pratica o reuso para fins potáveis. No caso de utilização na irrigação para produção de biomassa com a finalidade energética – produção de briquetes – para queima em fornos,

---

<sup>7</sup> A OMS define a irrigação irrestrita (sem controle) como aquela que requer atendimento total da qualidade microbiológica da água; já para a irrigação restrita (ou controlada) o esgoto é parcialmente tratado, com controle de aplicação e exposição humana.

fogões, fornalhas, etc, os cuidados se resumem à manipulação pelo homem, na época do cultivo e colheita, pois, no processamento das peças, não tem mais risco devido o capim ter que passar por desidratação ao sol e secador rotativo, além de passar depois por um processo de prensagem em altas temperaturas, para o adensamento na máquina briquetadeira que elimina os microrganismos ainda existentes na biomassa.

Considerando que já existe atividade de reuso de água com fins agrícolas no RN, a qual é exercida (em sua maioria) de maneira informal e sem a salvaguarda ambiental e de saúde pública adequada, percebe-se a necessidade de institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de políticas públicas, estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais e socioeconômicas regional. Para o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (2012), a recarga estimada dos lençóis freáticos em 2050, na região Nordeste, irá diminuir em mais de 70%, comparado aos índices de 1961-1990. Daí a necessidade urgente do uso racional da água, perpassando pelo reuso, sem esquecer que não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente.

#### 4.3 ANÁLISE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO

Para Benincasa (2003), 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 e largura das folhas e diâmetro do caule.

Foram realizadas 8 análises (não destrutivas) em 10 plantas a cada vinte dias, em cada ciclo da cultura de 160 dias, para obtenção das médias aritméticas das variáveis: altura da planta, diâmetro caulinar, largura e tamanho da folhas, postadas na tabela 4.4, totalizando 960 mensurações nos três ciclos T1F1, T1F2 e T2F única.

**Tabela 4.4- Médias encontradas das variáveis: altura da planta, diâmetro caulinar, largura e tamanho da folha do capim-elefante-roxo, em três ciclos, com dois tratamentos**

T1F1* DAP***	Altura da Planta/cm	Diâmetro Caulinar/cm	Largura da Folha/cm	Tamanho da Folha/cm
20	52,4	-	1,2	52,4
40	88,6	1,5	3,5	76,1
60	146,0	2,3	3,5	96,2
80	205,8	1,7	2,9	95,5
100	211,8	1,7	3,5	95,4
120	276,2	1,7	4,2	97,1
140	321,2	1,9	3,8	105,5
160	324,0	1,8	3,9	93,7
T1F2* DAP***	Altura da Planta/cm	Diâmetro Caulinar/cm	Largura da Folha/cm	Tamanho da Folha/cm
20	41,8	-	1,2	41,8
40	87,4	1,7	3,4	68,7
60	132,9	1,9	3,7	83,3
80	162,0	1,8	3,9	86,3
100	191,0	1,6	4,0	89,4
120	204,8	1,6	4,0	94,6
140	283,2	1,6	4,2	97,0
160	292,4	1,6	4,5	99,0
T2Funica** DAP***	Altura da Planta/cm	Diâmetro Caulinar/cm	Largura da Folha/cm	Tamanho da Folha/cm
20	53,8	-	1,3	53,8
40	90,2	1,8	3,5	76,6
60	143,3	2,1	3,6	90,6
80	196,6	1,8	3,8	91,3
100	202,2	1,9	4,0	97,1
120	224,4	1,7	4,2	92,0
140	244,5	1,7	4,2	98,4
160	281,9	1,8	4,5	99,6

Fonte: a autora (2013) \* irrigado diariamente; \*\*irrigado 3x/semana; \*\*\*DAP – dias após o plantio

### 4.3.1 Variáveis mensuradas no capim

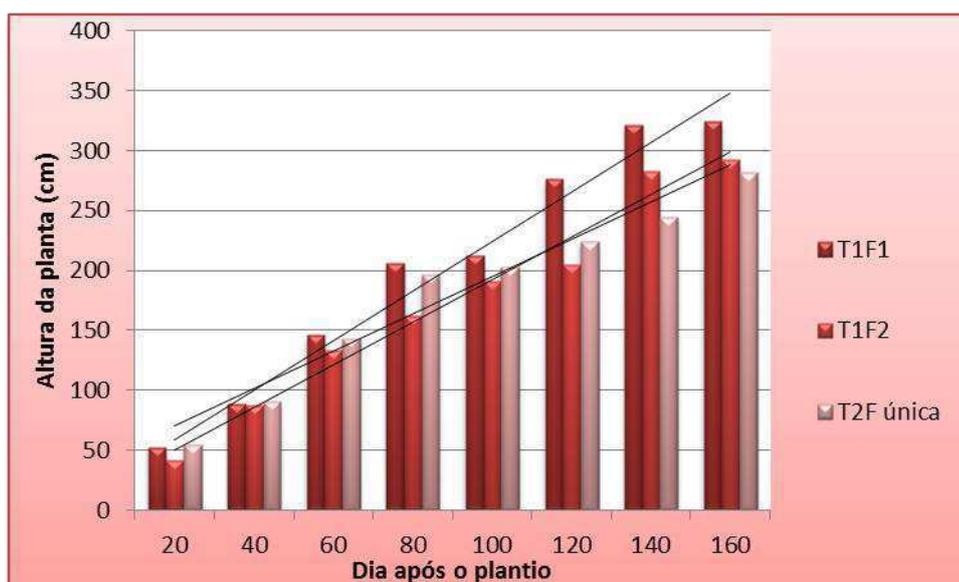
#### 4.3.1.1 Altura da planta

No *tratamento 1 fase 1* (T1F1) houve um aumento gradativo na altura da planta. A altura de 324,0 cm foi atingida aos 160 DAP (gráfico 4.5). 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 100-120 DAP; a menor foi de 0,14 cm/dia entre os dias 140-160 DAP, mostrando que, nesse período a cultivar chegou ao máximo de seu crescimento vegetativo e já apresentava muitas folhas secas;

No *tratamento 1 fase 2 (T1F2)*, também irrigado diariamente, houve um aumento gradativo na altura da planta. A altura de 292,4 cm foi atingida no 160 DAP (Figura 4.7). Pode-se observar que, nesse tratamento, a maior taxa de crescimento foi 3,92 cm/dia, entre 120-140 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, atingindo 281,9 cm aos 160 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 60-80 DAP, diferenciando das outras duas fases, onde 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.

**Gráfico 4.5 – Variação da altura do capim-elefante-roxo nas três fases**



Fonte: a autora (2013)

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. A figura 4.1 dá uma visão panorâmica de uma das parcelas (T2) acompanhadas durante a pesquisa, mais precisamente no dia do corte do capim, aos 160 dias.

**Figura 4.1 – Visão total da parcela T2 no dia do corte do capim aos 160 dias**



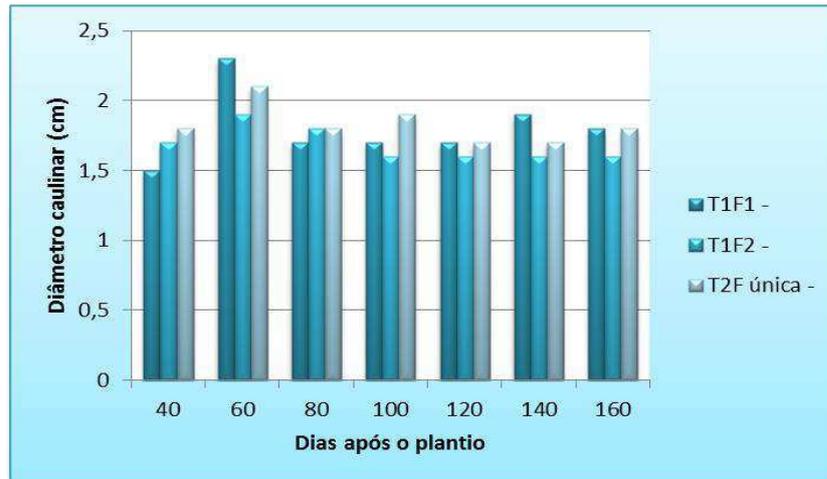
Fonte: a autora (2013)

#### 4.3.1.2 Diâmetro caulinar ( $D_c$ )

Os maiores valores de diâmetro do colmo foram observados aos 60 DAP, em T1F1 (2,3cm), T1F2 (1,9 cm) e T2F única (2,1 cm). Aos 80 DAP foi observada uma diminuição no diâmetro do colmo (Gráfico 4.6), independente do tipo de tratamento (irrigação), num percentual de 26, 5 e 13 %, respectivamente, nas três fases. Essa diminuição do colmo durante o experimento está relacionada ao fato do capim-elefante-roxo ser uma planta cespitosa, ou seja, que cresce em touceiras, que vai aumentando o número de perfilhos no mesmo espaço, ocasionando a diminuição do diâmetro dos mesmos (PRIMAVESI, 1993, citado por CAVALCANTE, 1997).

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, que registrou diâmetro máximo de 1,95 cm e mínimo 1,44 cm. Além disso, nessa pesquisa o autor não observou diferenças significativas do  $D_c$  entre os que receberam tratamento com água de abastecimento e os que receberam efluente tratado; comportamento idêntico foi observado em ambos os tratamentos (irrigação contínua e alternada) deste estudo.

**Gráfico 4.6 – Variação do diâmetro caulinar do capim-elefante-roxo nas três fases**



Fonte: a autora (2013)

#### 4.3.1.3 Largura da folha

A largura da folha no tratamento T1F1 alcançou 3,9 cm aos 160 DAP; no entanto, aos 120 dias foi observado 4,2 cm (gráfico 4.7). Estas variações a menor, antes do período final, podem ser explicadas tendo em vista que as mensurações foram feitas aleatoriamente nas parcelas e não contemplavam sempre as mesmas plantas; já no T1F2 e T2F única a largura da folha chegou até 4,5 cm aos 160 DAP.

O sistema de irrigação não alterou esse parâmetro de crescimento e estão de acordo com as medidas de Carvalho (1985), que relata o capim-elefante com folhas largas que podem chegar a 4 cm. Vale ressaltar que houve registro nesta pesquisa de folhas com até 5 cm de largura.

**Gráfico 4.7 – Variação da largura das folhas do capim-elefante-roxo nas três fases**



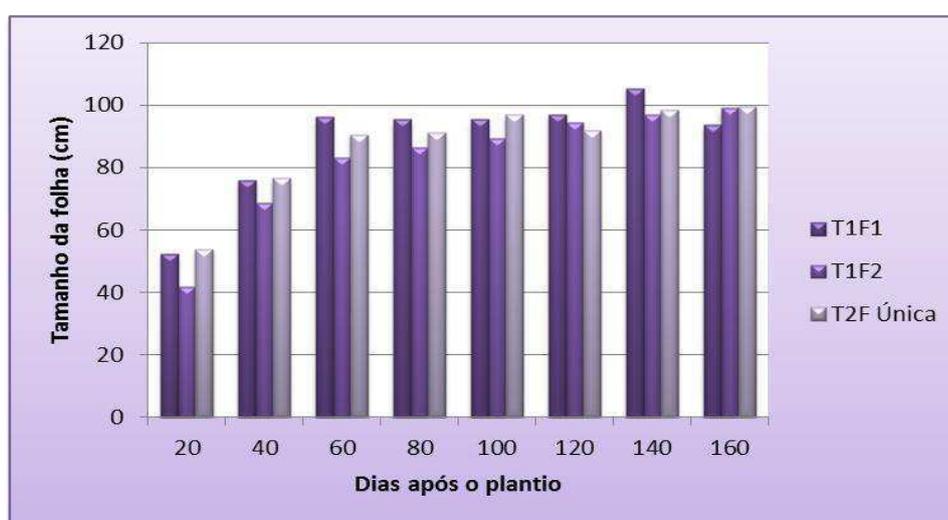
Fonte: a autora (2013)

#### 4.3.1.4 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 o gráfico 4.8, máximo atingido 160 DAP. Dados da literatura indicam que a folha do capim-elefante pode atingir 1,30 m de comprimento, com várias tonalidades de verdes, 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 consequentemente, reduzindo o crescimento foliar.

**Gráfico 4.8 – Variação do tamanho da folha do capim-elefante-roxo nas três fases**

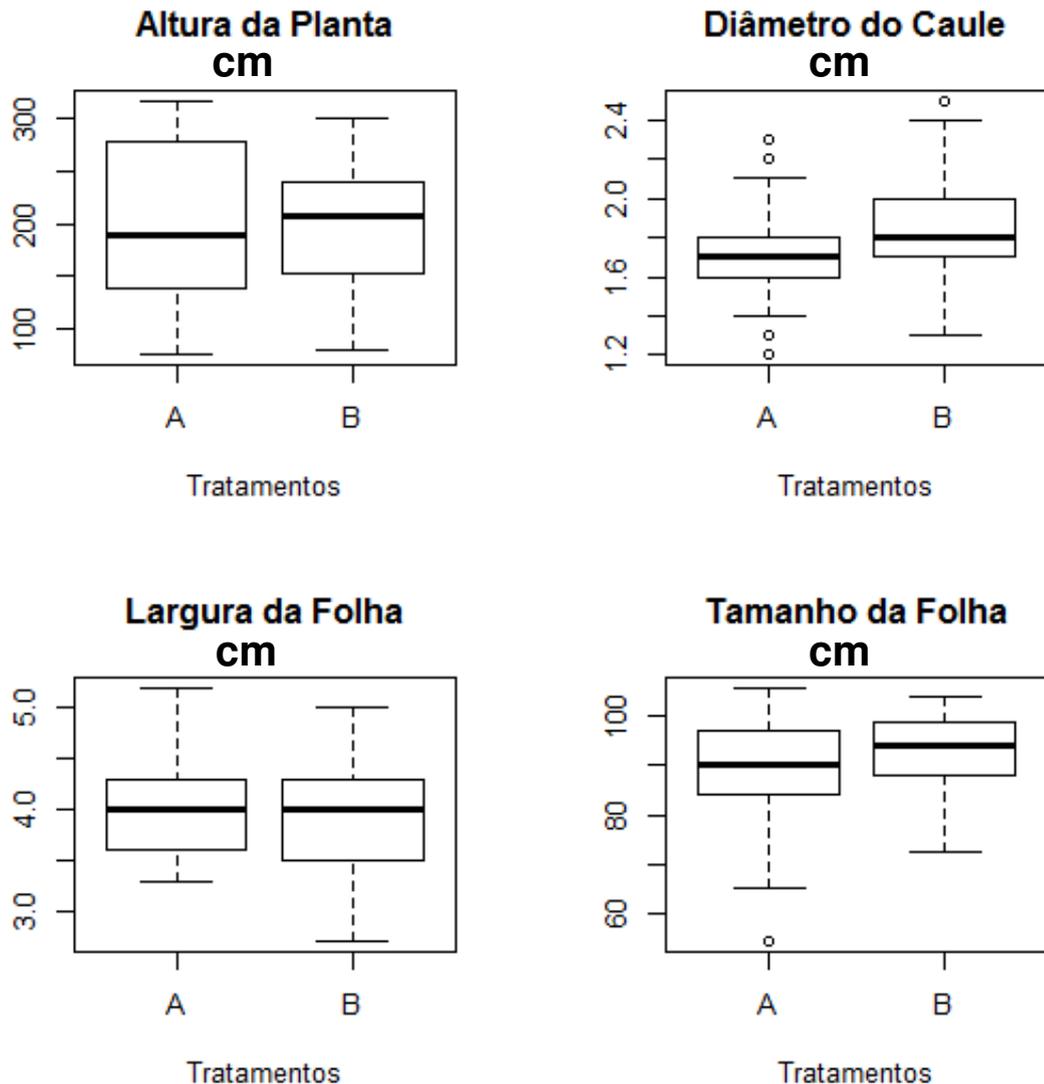


Fonte: a autora (2013)

#### 4.3.2 Análise estatística

Na figura 4.2 se pode ver que, em relação à altura da planta o tratamento A (irrigação diária) mostra-se com uma variabilidade maior acima da linha Central e o B (irrigação alternada) abaixo da linha, onde essa linha é a mediana, observa-se essa variabilidade pelo tamanho da caixa do Boxplot, quanto menor a caixa menos os dados variam, em termos de comparação da variabilidade, o coeficiente de variação (CV) do tratamento A foi de 36,53% que é maior que o CV do tratamento B e maior que qualquer outro CV, consequentemente o tratamento A tem a maior variabilidade dos dados, nas outras variáveis se pode observar que os CVs são parecidos, indicando que eles tem um comportamento parecido em termos da variabilidade.

Figura 4.2 – Boxplot das variáveis nos tratamentos A\* e B\*\*



A - refere-se ao T1F1 e T1F2; B - refere-se T2F única

O teste M.Box apresentou significância de 15%, o que indica que as matrizes de covariância dos dois grupos podem ser consideradas iguais a um nível de 5%.

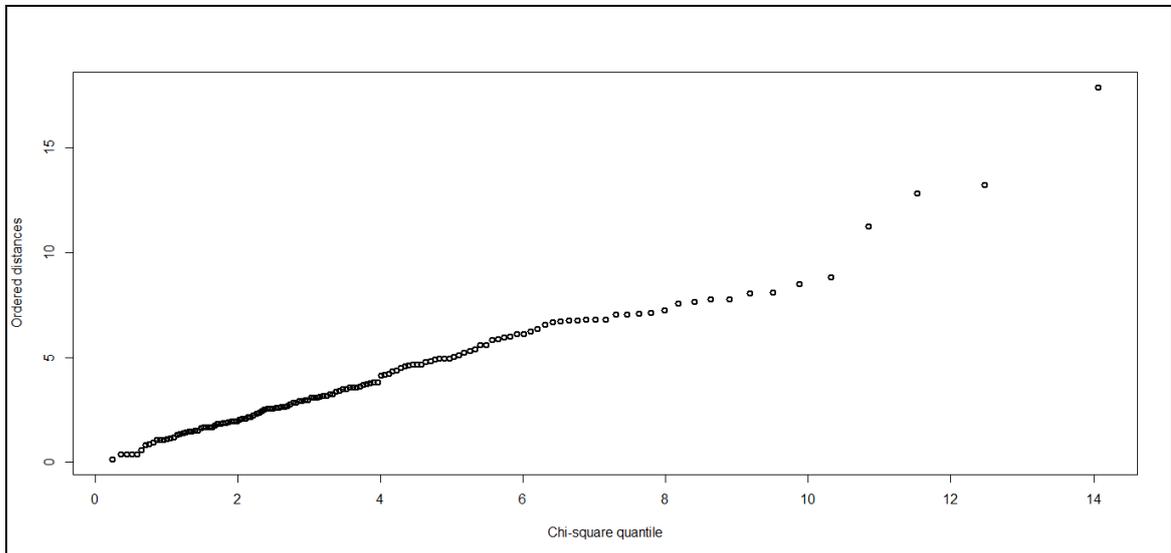
<b>Teste M.Box</b>	
<b>P-valor</b>	0.15

O p-valor do teste de Hotelling rejeita a hipótese de que as médias dos crescimentos são iguais, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente.

<b><math>T^2</math> de Hotelling</b>	
<b>P-valor</b>	<0.01

Pela figura 4.3 observa-se que os pontos estão alinhados, indicando que os resíduos estão normalmente distribuídos e que o modelo por trás da estatística de Hotelling está bem ajustado.

**Figura 4.3- Análise residual do teste de Hotelling, pelo gráfico do Qui-Quadrado (cm)**



Fonte: a autora (2013)

O teste t-student utilizado é o teste unilateral, ou seja, se rejeitar a hipótese de igualdades entre as médias a um nível de 5%, o tratamento que tiver maior crescimento médio será considerado estatisticamente melhor. Na tabela 4.5 pode se observar que o tratamento B produz um crescimento médio maior em relação à altura da planta, ao diâmetro do caule e em relação à variável tamanho da folha. Observou-se ao realizar os testes individuais que, as variâncias para cada teste foram consideradas iguais usando o teste F-Snedecor a um nível de 5%, isso ressalta mais ainda o teste de M.Box.

Tabela 4.5 – Comparações individuais usando o teste t-student

Altura da Planta (cm)				Diâmetro do Caule (cm)			
	Média	S	CV		Média	S	CV
<b>Tratamento A</b>	193.4	70.65	36.53%	<b>Tratamento A</b>	1.71	0.23	13.70%
<b>Tratamento B</b>	197.87	61.75	31.21%	<b>Tratamento B</b>	1.84	0.22	12.23%

Largura da Folha (cm)				Tamanho da Folha (cm)			
	Média	S	CV		Média	S	CV
<b>Tratamento A</b>	3.97	0.44	11.02%	<b>Tratamento A</b>	88.33	10.67	12.08%
<b>Tratamento B</b>	3.93	0.52	13.18%	<b>Tratamento B</b>	92.11	8.83	9.59%

**Média:** Média aritmética;

**S:** Desvio padrão.

**CV:** Coeficiente de variação em percentual.

Fonte: a autora (2013)

Pode-se concluir que, a irrigação 3 vezes por semana (tratamento B) é mais recomendada para a cultura, pois, além de ser economicamente mais barata produz um crescimento médio maior em três variáveis: altura da planta, tamanho da folha e o diâmetro do caule, das quatro analisadas.

#### 4.3.3 Produtividade de matéria verde versus seca

A quantidade de massa verde produzida foi 136 t/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 t/ha (tabela 4.6), 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 ter se revelado, em termos quantitativos 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 MV/t/ha, salientando que o corte do capim no referido trabalho foi feito com 110 dias, o que difere deste, cujo corte foi feito com 160 dias após o plantio. Resultados que não podemos inferir uma relação direta com os apresentados por este, dada às condições diferenciadas de tratamento em ambos.

A quantidade de massa seca obtida nesta pesquisa, conforme expressa a tabela 4.6, foi de 37 t/ha (T1F1); 39 t/ha (T1F2) e 43,5 t/ha (T2Fúnica). Este resultado mostrou-se bastante satisfatório, estando de acordo com os da literatura que registra uma produção entre 20-40 t/ha de massa seca (BENINCASA, 2003). Baseado nos dados de MS pode-se concluir que o

tratamento alternado (3x/sem) foi bom para o crescimento do capim-elefante-roxo, para servir como material biomássico na produção de briquetes, tendo em vista ter sido o tratamento que produziu maior quantidade de massa seca em t/ha, como também o que deu menos trabalho (mão-de-obra) no cultivo e gasta menos água.

**Tabela 4.6 – Produtividade de MV e MS do capim-elefante-roxo nos dois tipos de tratamentos**

<b>Tratamentos</b>	<b>T1F1*</b>	<b>T1F2*</b>	<b>T2F única**</b>
<b>Massa verde/t/ha</b>	136	121,6	136
<b>Massa seca/t/ha</b>	37	39	43,5
<b>% Massa seca</b>	27,5	32	32

Fonte: a autora (2013) \*Irrigação diária; \*\* irrigação 3X por semana

Resultados de MS bastante diferenciados com relação a este foram obtidos por Santos (1997), em pesquisa desenvolvida com o *Pennisetum purpureum*, na ETE de Guarabira/PB, cuja produtividade do capim foi no máximo 13,08 t MS/ha. Cabe ressaltar que as condições do trabalho de Santos não foram às 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, já que o esgoto é um recurso sempre disponível. A boa produção pode estar relacionada às condições climáticas ocorridas durante a pesquisa de campo, 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 volume de chuva no mês de fevereiro (106,8 mm), havendo realmente uma grande necessidade de uso do esgoto para que tivesse uma produção que serviu também 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.

#### 4.3.4 Controle de plantas daninhas e presença de animais

O controle das plantas daninhas na área cultivada foi realizado com capina manual, tendo sido observado a presença na área de: velame (*Crot heliotropiifolius*), jurema (*Mimosa hostilis*), malva (*Malva sylvestris*), marmeleiro (*Crot sonderianus* Muell), mofumbo (*Combretum leprosum* Mart), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), mussambê (*Cleome hassleriana*), flor-de-seda (*Schumbergera truncata*), e com mais frequência, o bredo (*Boerhavia hirsuta*) e o pirixiu (*Blutaparon portulacoides*).

Durante a realização da pesquisa foi observada uma grande quantidade de formigas (espécies diferentes), e animais como: aranha caranguejeira (*Lasiadora parahybana*), ratos (*Rattus rattus*), cobra verde (*Philodryas olfersii*), cascavel (*Crotalus durissus cascavella*), coral (*Micrurus corallinus*) e salamanta (*Epicrates cenchria*). Embora tenham sido vistos poucos indivíduos de cada uma das espécies é importante o conhecimento da possibilidade de encontrar animais no ambiente, cuja umidade e sombra contribuem para ser um lugar favorável à presença deles. Daí a necessidade dos trabalhadores usarem equipamentos de proteção individual, principalmente, botas de cano alto, camisa manga longa, chapéu, repelente, luvas, calça e, tão importante quanto estes itens, o protetor solar.

#### 4.3.5 Análise microbiológica do capim

Nas três fases de crescimento do capim foram realizadas vinte e quatro análises de coliformes termotolerantes (8 em cada fase), da parte aérea do capim, cujos resultados estão expostos na tabela 4.7 abaixo, e demonstram que a menor contaminação (Cterm) se deu na segunda fase do tratamento 1 (T1F2), onde verificou-se ausência de contaminação em 3 das análises. A maior contaminação se deu também no tratamento 1, na primeira fase (T1F1), registrado o maior índice de contaminação aos 160 DAP com um número mais provável de  $2 \times 10^2$  UFC/100 mL.

Apesar do índice baixo de contaminação encontrado nas três fases é conveniente se tomar precauções no sentido do uso dos equipamentos de proteção ao trabalhador, bem como fazer exames periódicos para acompanhar possíveis alterações na saúde.

Diferente dos dados aqui registrados foi detectado por Cavalcante (1997), na ETE de Guarabira/PB, um índice bastante elevado de  $10^6$  UFC, cuja contaminação foi tão alta quanto à de muitos efluentes, inclusive o EF de Pendências estudado neste trabalho de tese.

Também se pode observar, de acordo com os dados pluviométricos no período do experimento, que as chuvas na fase T1F1, nos meses de maior precipitação (fevereiro e março), não influenciaram para descontaminar as folhas, e se justifica analisando a localização do experimento que sofreu influência a barlavento, cujo deslocamento do ar facilita o transporte de aerossóis das lagoas em direção às parcelas experimentais.

**Tabela 4.7 – Número mais provável de coliformes termotolerantes nas três fases de crescimento do capim-elefante-roxo – fev a nov/2012 – Pendências–RN**

DAP	T1F1 NMP/25g MV	T1F2 NMP/25g MV	T2 NMP/25g MV
20	$4,5 \times 10^0$	$4 \times 10^0$	$9,2 \times 10^1$
40	$1,1 \times 10^1$	$17 \times 10^1$	$6,8 \times 10^1$
60	$1,7 \times 10^1$	Ausente	$3,6 \times 10^1$
80	$2,1 \times 10^1$	Ausente	$4,0 \times 10^1$
100	$2,0 \times 10^1$	$2 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
120	$7,9 \times 10^1$	$2,3 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$
140	$7,8 \times 10^1$	Ausente	$6,1 \times 10^1$
160	$2,0 \times 10^2$	$3,2 \times 10^1$	$1,3 \times 10^2$

Fonte: a autora (2013)

Não foi averiguada a contaminação do solo através dos  $C_{term}$ , nem de outros agentes patogênicos, mas carece de estudos para comprovação. O período de sobrevivência dos  $C_{term}$  no solo, segundo dados de estudos realizados por Léon e Cavallini (1996), comumente é de menos de 20 dias, a uma temperatura entre 20-30 °C. Sob a ótica da temperatura no solo do semiárido, esse tempo pode ser bem menor, haja vista ter alcançado mais de 40 °C na maioria do tempo, tendo sido registrado durante esta pesquisa até 42 °C, às 13h23min. Baseado nesse fato - sobrevida no solo - sem as condições nutricionais adequadas às bactérias reduzem, substancialmente seu tempo de vida, não havendo problema para o trabalhador, desde que seja cessada a irrigação pelo menos 10 dias antes do corte da planta.

#### 4.4 ANÁLISE DO SOLO

No contexto da agricultura irrigada com esgoto tratado é importante considerar os elementos que fazem parte do efluente e que vão de antemão trazer benefícios, ou não, às culturas e ao solo, dependendo da qualidade do efluente utilizado. Baseado neste princípio, as análises do solo da área experimental são apresentadas a seguir:

#### 4.4.1 Comportamento do solo no tratamento (T1) irrigado diariamente

As características monitoradas no T1 (fases T1F1 e T1F2) encontram-se na tabela 4.8, cujos dados foram obtidos a partir de seis análises realizadas entre janeiro (antes do lançamento do efluente) e novembro de 2012 no final do experimento, utilizadas para cálculos do potencial de sódio trocável (PST) e para a razão de adsorção de sódio (RAS).

**Tabela 4.8 – Parâmetros do solo monitorados no T1 - jan a nov/12 – Pendências – RN**

T1						
Parâmetros	Jan/12*	Fev/12	Mai/12	#Jul/12	Set/12	#Nov/12
<b>Cálcio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	1,73	2,6	3,4	6,3	3,2	5,2
<b>Cond. Elétr. Extr. Saturado (dS.m<sup>-1</sup>)</b>	3,17	2,00	3,16	6,40	6,00	11,83
<b>Hid+Al (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	1,71	0	0	0	0	0,83
<b>Magnésio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	0,46	1,07	1,23	1,25	1,57	1,4
<b>pH em água (1: 2,5)</b>	5,9	7,6	7,1	7,7	7,1	6,8
<b>Potássio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	0,12	0,10	0,12	0,14	0,13	0,14
<b>Sódio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	0,02	1,2	1,4	1,9	1,4	2,3

Fonte: a autora (2013); \*antes do efluente; #período de corte do capim

Com a finalidade de verificar os efeitos e as modificações ocorridas no solo, quanto às suas características e o acúmulo de alguns elementos, foi acompanhada a evolução de componentes químicos no solo, imprescindíveis para verificar a salinidade e a capacidade de infiltração da água, para que se possa tomar medidas corretivas, que visem a não saturação do mesmo, por esses elementos. A tabela 4.9 mostra a classificação do solo quanto à salinidade no T1, de acordo com critérios adotados por Richards (1954), avaliando conjuntamente a C.E., o PST e o pH. Percebe-se que o solo ficou comprometido, quanto à salinidade registrada através destas variáveis.

**Tabela 4.9 - Classificação do solo quanto à salinidade no T1 de acordo com Richards (1954)**

- jan a nov de 2012 - Pendências–RN

Meses/2012	C.E. (dS/m <sup>-1</sup> )	PST (%)	pH	Classe/Solo
<b>Janeiro (Sv)</b>	3,17	0,50	5,9	Normal
<b>Fevereiro</b>	2,00	24,14	7,6	Sódico
<b>Mai</b>	3,16	22,76	7,1	Sódico
<b>Julho</b>	6,40	19,80	7,7	Salino-sódico
<b>Setembro</b>	6,00	22,22	7,1	Salino-sódico
<b>Novembro</b>	11,83	23,30	6,8	Salino-sódico

Fonte: a autora (2013)

A salinidade pode comprometer a retirada de água do solo pela planta, reduzindo seu potencial osmótico, obrigando a planta a utilizar uma elevada quantidade de energia para ajustar a concentração de sais no seu interior a fim de obter água suficiente, resultando em menos energia disponível para o crescimento da planta. De acordo com Paganini (1997), o problema pode se agravar sob clima quente e seco, como é o caso da região em estudo.

A condutividade elétrica do solo (0-20 cm) aumentou significativamente no T1, ao longo dos 9 meses de irrigação do capim, porém no mês de janeiro, antes do efluente ser lançado o solo já se mostrava com  $3,17 \text{ dS/m}^{-1}$ . Apesar desse aumento, o capim teve uma excelente produtividade (136 e 121,6 t/MV/ha), se mostrou bastante resistente ao nível de salinidade registrado e cresceu de modo bastante satisfatório.

O comportamento do pH do solo no T1 apresentou-se levemente ácido, antes do solo receber o efluente, com pequenas variações para neutralidade durante a pesquisa. Houve uma pequena elevação registrada em fevereiro e julho (tabela 4.8), que não acompanhou o mesmo valor de pH registrado no efluente, 8.2 em média.

Seguindo o raciocínio da concentração do esgoto elevando os níveis de muitos elementos constituintes do mesmo, isso é verdade quando se analisa o problema da falta de água devido à seca, subte-se que os munícipes em tendo pouca água disponível, gastam menos (*per capita*), conseqüentemente, deixam os esgotos mais concentrados e com a colaboração da alta evaporação da água, por causa da temperatura elevada na região, o faz concentrá-los ainda mais.

Alguns estudos foram desenvolvidos com vistas a analisar os solos que receberam esgotos domésticos, a exemplo de Medeiros, et al. (2005), onde concluíram que o lançamento destes no solo, de forma planejada e com técnica adequada de irrigação pode suprir parte dos nutrientes às plantas. Porém, providências devem ser tomadas prontamente, no sentido de minimizar o comprometimento do solo em médio e longo prazo.

Observando a tabela 4.10 houve aumento da RAS no extrato de saturação do solo na área experimental T1, na camada do solo de 0–20 cm, porém não chegou a níveis que fizesse comprometer o solo para o cultivo do capim, tendo em vista que os valores sempre ficaram muito abaixo de 10, de acordo com Paganini (1997) este é o valor acima do qual são necessárias maiores verificações e cuidados na irrigação com esgotos, quanto à relação de adsorção de sódio, não há nenhum grau de restrição até o momento da última análise, em novembro de 2012.

Valores de RAS do extrato de saturação do solo semelhantes foram encontrados por Santos (2004) em Populina/SP, usando efluente tratado, que registrou em média 2,7 mmol/L à mesma profundidade, com três meses de disposição de efluente.

**Tabela 4.10 – Valores da RAS do extrato de saturação do solo registrados em T1 - jan a nov de 2012 - Pendências–RN**

				T1F1			T1F2
Meses/12	Jan*	Fev	Mai	Jul	Set	Nov	
RAS mmol/L <sup>1/2</sup>	0,05	2,8	2,9	2,9	2,8	4,0	

Fonte: a autora (2013) \*antes do efluente

A evolução dos teores de nutrientes do solo se apresenta como mostrado na tabela 4.11; houve um aumento da matéria orgânica em, aproximadamente, 370% do início até o final do experimento, passou de 3,3 g.kg<sup>-1</sup> para 15,5 g.kg<sup>-1</sup>; a incorporação de matéria orgânica aos solos favorece a infiltração da água e, em longo prazo, mantém a estrutura do solo, devolve alguns nutrientes utilizados pelas culturas. Entretanto, Ayers e Westcot (1991) alertam que, em grandes quantidades também pode trazer desequilíbrios nutricionais. Porém, estes pesquisadores não deixam claro quais os valores considerados prejudiciais ao solo.

As concentrações do N, P e K também aumentaram em 100%, 57% e 14%, respectivamente, na camada do solo de 0-20 cm, mostrando que os nutrientes essenciais ao crescimento do capim estão presentes no solo, não havendo necessidade de adubação química para a nutrição planta.

A concentração de fósforo observada por Rodrigues, et al. (2009), em solo pós-irrigação com esgoto doméstico foi da ordem de 109 mg.kg<sup>-1</sup>, o que demonstra composição diferenciada dos solos, com relação à quantidade dos elementos deixados pelos efluentes.

Em suma, a irrigação diária se mostrou não ser saudável para o solo, apesar de não ter comprometido a produtividade nos nove meses de acompanhamento do ciclo de crescimento do capim-elefante-roxo, irrigado com efluente doméstico tratado. O período experimental foi atípico, com pouquíssimas chuvas e temperaturas elevadas. Portanto, carece de averiguações mais aprofundadas em outros períodos de precipitações dentro dos parâmetros do semiárido.

**Tabela 4.11 – Evolução dos teores de nutrientes do solo na área de irrigação diária T1, antes, durante e no final do experimento – jan a nov de 2012 – Pendências–RN**

Nutrientes	T1					
	*Jan/12	Fev/12	Mai/12	Jul/12	Set/12	Nov/12
Boro (mg.dm <sup>-3</sup> )	5,8	6,1	7,0	9,2	9,7	7,3
Cobre (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,43	0,55	0,57	0,57	0,79	0,57
Ferro (mg.dm <sup>-3</sup> )	43,18	45,78	40,24	38,87	28,88	15,18
Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )	7	14	7	7	11	11
Manganês (mg.dm <sup>-3</sup> )	12,60	14,53	19,27	28,67	21,18	36,63
Nitrogênio (g.dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6
Potássio (mg.dm <sup>-3</sup> )	49	41	48	56	49	56
Zinco (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,98	1,80	1,96	2,64	1,24	1,95
M.orgânica (g.kg <sup>-1</sup> )	3,3	6,9	8,3	17,2	18,0	15,5

Fonte: a autora (2013)

#### 4.4.2 Comportamento do solo no tratamento (T2) irrigação alternada

As características do solo monitorado no T2, irrigação alternada (3x/sem), encontram-se na tabela 4.12 abaixo, cujos dados foram obtidos a partir de seis análises, feitas de janeiro a novembro de 2012, utilizados para cálculos do potencial de sódio trocável (PST) e para a razão de adsorção de sódio (RAS).

**Tabela 4.12 – Parâmetros do solo monitorados no T2 - jan a nov/12 – Pendências–RN**

Parâmetros	T2					
	*Jan/12	Mai/12	Jun/12	Set/12	#Out/12	**S <sub>v</sub> nov
Cálcio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,96	3,5	5,0	8,0	11,1	8,0
Cond. Elétr.Ext.Sat(dS.m <sup>-1</sup> )	0,25	0,23	0,25	2,81	4,96	0,4
Hidr + Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,28	1,9	1,8	1,8	0	3,6
Magnésio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,85	1,5	3,2	4,5	2,7	4,7
pH em água (1: 2,5)	5,6	5,6	5,6	5,6	7,0	5,6
Potássio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,44	0,46	0,29	0,23	0,29	0,35
Sódio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,29	1,00	1,68	1,87	1,87	0,46

Fonte: a autora (2013); \*antes do efluente; #época do corte do capim; \*\*solo virgem

A condutividade elétrica associada ao pH e ao PST determinaram as características para classificação do solo em estudo, cujos valores estão demonstrados na tabela 4.13, a profundidade de 0-20 cm.

**Tabela 4.13 - Classificação do solo quanto à salinidade no T2, de acordo com Richards (1954), no período - jan a nov de 2012 - Pendências – RN**

Meses/2012	C.E. (dS/m <sup>-1</sup> )	PST (%)	pH	Classe/Solo
Jan*	0,25	3,70	5,6	Normal
Maio	0,23	5,50	5,6	Normal
Junho	0,25	16,52	5,6	Sódico
Setembro	2,81	11,40	5,6	Normal
Outubro	4,96	11,72	7,0	Salino
Nov (Sv)** <sup>8</sup>	0,37	2,7	5,6	Normal

Fonte: a autora (2013)

De acordo com a condutividade elétrica registrada no T2 percebe-se um aumento considerável entre setembro e outubro, que chegou a 4,96 dS/m<sup>-1</sup>, o que se percebe a influência da alta evaporação e a ausência total de chuvas no período, haja vista a última chuva ter ocorrido em julho 12 mm, que contribuiu para o aumento da concentração de sais no solo.

O comportamento do pH no tratamento T2 mostrou-se sem alterações (ácido) ao longo de quase todo experimento, chegando a neutralidade em outubro, último mês de análise nesta fase do capim irrigado em dias alternados; verificou-se na análise do solo virgem que o pH ácido é característico da área, pois, comportou-se tal qual verificado antes do lançamento do esgoto (5,6), e ainda manteve esse padrão em 4 meses de irrigação; a acidez potencial (H+Al) teve uma leve redução ao longo da fase e totalmente anulada no final da pesquisa em outubro (tabela 4.12).

Os dados de classificação quanto à salinidade do solo no T2 coadunam com os resultados da estatística (tabela 4.5) e confirmam o melhor tratamento com irrigação alternada; o aumento dos valores do PST com o tempo é observado na literatura tanto para irrigação com água ou com efluente (BALKS, et al. 1998, citado por SANTOS, 2004). Um fato curioso foi relatado por Santos de que a maior média de PST registrada em seu trabalho

<sup>8</sup> Solo do entorno da área que não recebeu efluente (solo virgem)

foi no solo irrigado com água (primeiro mês), maior do que nas parcelas irrigadas com efluente.

A tabela 4.14 mostra os valores da razão de adsorção de sódio do extrato de saturação do solo, registrados durante a fase do tratamento com irrigação alternada, que revelam uma certa estabilidade durante os meses do ciclo T2F única, não havendo nenhum grau de restrição até o final da pesquisa. O solo virgem permaneceu com RAS inalterada, 0,6 mmol/L, em janeiro e em novembro.

**Tabela 4.14 – Valores da RAS do extrato de saturação do solo registrados em T2 - jan a nov de 2012 - Pendências–RN**

Meses/12	T2					**Sv
	Jan* <sup>3</sup>	Mai	Jun	Set	Out	Nov
RAS mmol/L <sup>1/2</sup>	0,6	2,0	2,6	2,3	2,3	0,6

Fonte: a autora (2013) \*antes do efluente \*\*final da pesquisa S<sub>v</sub> - solo virgem

No T2 a matéria orgânica aumentou em 212,5%, passou de 0,8 g.kg<sup>-1</sup> para 2,5 g.kg<sup>-1</sup> demonstrando que o esgoto é uma fonte de elementos importantes e não um grande problema ambiental; a incorporação de matéria orgânica ao solo favorece a infiltração da água (AYERS; WESTCOT, 1991), mantém a estrutura do solo e devolve alguns nutrientes utilizados pelas culturas, em longo prazo. Entretanto, sabe-se que, em grandes quantidades também pode trazer desequilíbrios nutricionais.

A concentração de nitrogênio passou de 0,3 g/dm<sup>-3</sup> no início do experimento para 1,3 g.dm<sup>-3</sup> ao final da fase T2, deduz-se que houve uma melhoria substancial da fertilidade do solo com aumento de 333%; esse percentual mostra que, de fato há contribuição importante do nitrogênio lançado pelo efluente no solo (tabela 4.15).

O potássio teve substancial redução nos teores do início para o final da pesquisa no T2, (tabela 4.15), que pode ter ocorrido pelo fato das plantas o utilizarem no seu sistema nutricional, já que é um elemento absorvido em grandes quantidades pelas raízes.

Uma análise positiva pode ser feita considerando a importância dos macronutrientes N, P, K para as plantas, tendo em vista que se faz necessário à introdução destes na forma de adubo químico para que ocorra uma boa produção em solo onde não é utilizado esgoto no sistema de irrigação.

Segundo Paganini (1997), o potássio é um elemento com grande mobilidade, tanto no solo quanto nas plantas e através de sua mobilidade catiônica pode deslocar o sódio, como também, pode ser deslocado por outros cátions bivalentes e monovalentes.

**Tabela 4.15 – Evolução dos nutrientes do solo na área de irrigação alternada T2, antes, durante e no final do experimento – jan a nov de 2012 - Pendências–RN**

Nutrientes	T2					
	*Jan/12	Mai/12	Jun/12	Set/12	Out/12	**Sv nov
Boro (mg.dm <sup>-3</sup> )	2,9	5,91	6,52	10,17	11,21	8,7
Cobre (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,39	0,42	0,48	0,58	0,68	0,07
Ferro (mg.dm <sup>-3</sup> )	28,20	38,60	41,20	53,70	116,70	18,52
Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )	1	1	1	1	4,3	1
Manganês (mg.dm <sup>-3</sup> )	6,1	6,3	8,2	8,3	6,7	5,1
Nitrogênio (g.dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,5	0,6	0,7	1,3	0,7
Potássio mg.dm <sup>-3</sup>	561	178	113	93	112	139
Zinco (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,57	0,78	0,89	1,05	3,9	1,1
M.orgânica (g.kg <sup>-1</sup> )	0,8	0,9	1,2	1,8	2,5	0,7

Fonte: a autora (2013) \*antes do efluente \*\*final da pesquisa S<sub>v</sub> - solo virgem

A Resolução CONAMA n° 420 (BRASIL, 2009), que dispõe sobre critérios orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas não estabelece nenhuma referência de valores para os micronutrientes encontrados como: boro, ferro e manganês, deixando suas determinações a critério do Estado, ou seja, são analisados por meio da legislação ambiental estadual.

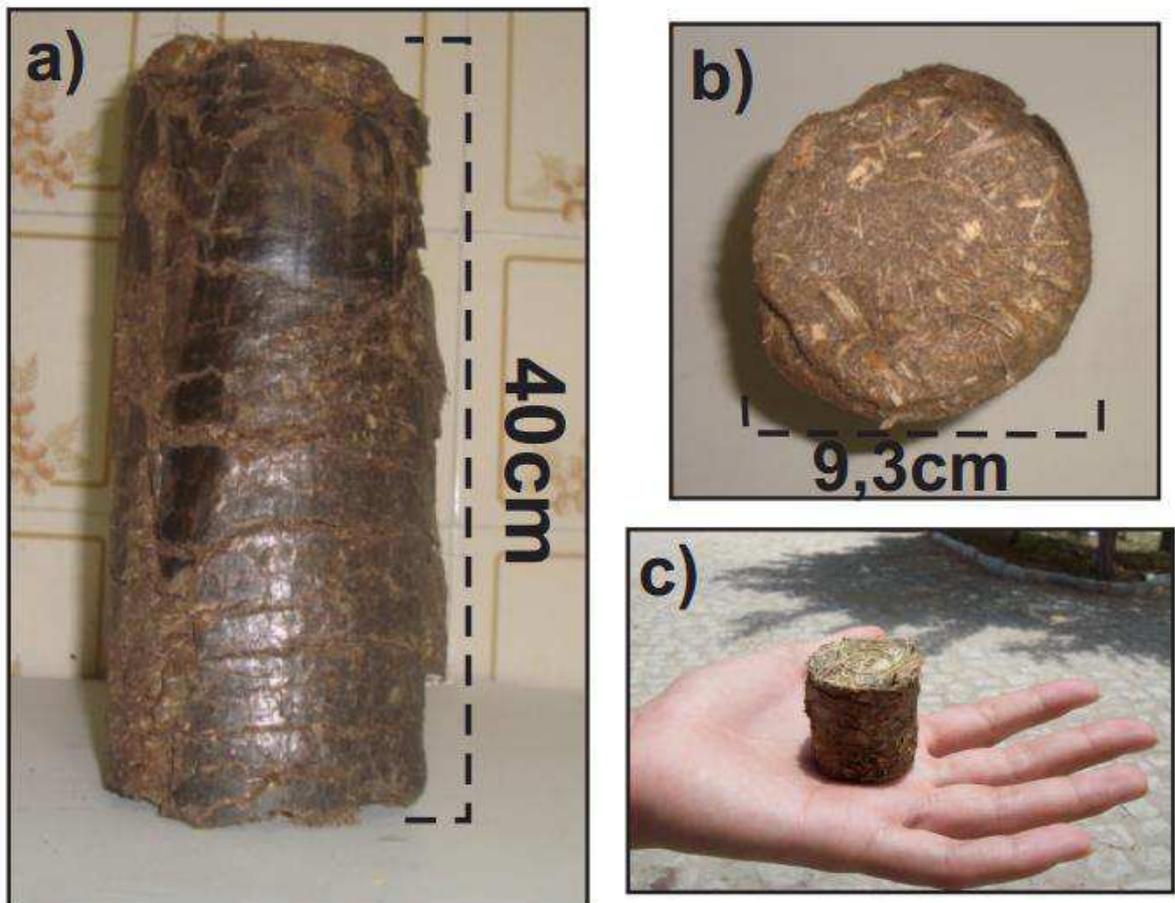
O zinco e o cobre têm valores orientadores na Resolução acima citada, porém, as quantidades encontradas no solo, nos dois tratamentos, não comprometem a qualidade do mesmo, pois são muito baixas.

Para entender a dinâmica do solo precisa-se tê-lo como um elemento que limpa, transforma, reage, absorve, troca e alimenta, sendo o sistema solo-planta um reator renovável, regido pelas leis da natureza.

#### 4.5 ANÁLISE DA LENHA ECOLÓGICA, BRIQUETE

No processo de fabricação dos briquetes foram utilizados 100% de biomassa de capim-elefante-roxo, sendo a peça finalizada com 40 cm de comprimento e 9,3 cm de diâmetro (figura 4.4a e b), teor de umidade entre 7 e 10 % (tabela 4.16) e cor escura. Os briquetes foram embalados em sacos de 40 kg de forma paralela entre si. A figura 4.4c mostra um pelete de capim elefante feito numa briquetadeira de bancada, com 2 cm de diâmetro.

**Figura 4.4 – Briquete e pelete de capim-elefante-roxo**



Fonte: a autora (2013)

##### 4.5.1 Teor de umidade e determinação do poder calorífico (Pc) do briquete

A literatura aponta que, a umidade do briquete é quem determina a quantidade de energia global produzida durante a combustão, ou seja, a redução ou o aumento da energia liberada na queima depende do percentual de base úmida.

Para o teor de umidade do briquete encontram-se valores variados na literatura. Conforme Vilela (2009), este teor está entre 2 e 8 % e Gentil (2008), diz que o teor pode estar entre 8 a 15 %. Este estudo demonstrou que a umidade do briquete encontra-se dentro dos padrões de Gentil (2008), mínimo 7% e máximo 10%.

Análises de trinta ensaios (dez em cada fase) do poder calorífico do briquete de capim-elefante-roxo estão apresentadas na tabela 4.16 e comungam com valores encontrados por Rocha, Souza e Damasceno (2009), que registraram Pc entre 4.100 e 4.500 kcal/kg, em briquetes de capim-elefante e capim brachiaria. Segundo os pesquisadores, isso ocorreu devido à variação na umidade da biomassa. Resultados que comungam com os encontrados neste estudo, cuja média variou de Pc 4.090 a 4.170 kcal/kg, conforme mostra a tabela 4.16, abaixo. O valor médio mais alto registrado de Pc (4.170) está relacionado ao menor percentual de umidade do briquete (7%), e o menor valor médio de Pc (4.090) ao maior percentual de umidade do briquete (10%), de acordo com a literatura.

**Tabela 4.16 – Poder calorífico médio e umidade do briquete de capim-elefante-roxo, nas três fases de crescimento**

Fases	Poder cal. (Kcal/Kg)	Umidade
T1F1	4.130	7,3%
T1F2	4.090	10%
T2F única	4.170	7%

Fonte: a autora (2013)

A maior ênfase dada à utilização de combustíveis provenientes da biomassa, por motivos ambientais (conversão em produtos energéticos com impacto ambiental aceitável), exige cuidado em relação à caracterização da biomassa e deve ser baseada em sua utilização, fornecendo informações sobre as propriedades determinantes, particulares a cada aplicação. Ou seja, requer um pleno conhecimento das propriedades físicas e químicas do biocombustível.

No caso do capim-elefante encontram-se na literatura informações sobre propriedades relevantes para conversão em biocombustível, fornecendo caracterização de interesse energético. Mas deve-se ressaltar a necessidade de um estudo específico a cada aplicação, devido à grande variedade de informações e/ou necessidade de mais detalhes.

#### 4.5.2 Análise energética da lenha e do briquete

Segundo o Balanço Energético Nacional – BEN (BRASIL, 2012) cada quilograma de lenha possui 3.300 Kcal/kg. O poder calorífico do briquete, verificado nesta pesquisa, foi de 4.170 Kcal/kg, 26% superior à lenha.

Além do poder calorífico maior, o uso do briquete é vantagem na questão do transporte em virtude de ser um produto embalado de maneira que facilita o empilhamento em carrocerias de caminhões, otimizando espaço, com acomodação superior em até quatro vezes o volume da lenha, barateando muito os custos de frete.

Quando se leva em consideração o aspecto ambiental, como por exemplo o desflorestamento que deixará de ocorrer, sem sombra de dúvida o briquete é mais viável; em outro viés ambiental, também contribui para minimizar problemas de disposição de resíduos sólidos que geram passivos ambientais como o bagaço da cana, que pode ser aproveitado 100% para adensamento, além de outras biomassas citadas ao longo desta tese, que são rejeitos jogados no meio ambiente e podem ser utilizados como matéria-prima para briquetes.

#### 4.5.3 Rendimento da produção de briquetes versus preservação da caatinga

Para uma fábrica que suporta uma produção de briquetes 1,5 t/hora, como é o caso da fábrica de Ipanguaçu, o rendimento será de 12 t/dia, trabalhando 8h/dia; 60 t/semana e 240 t/mês levando em consideração o funcionamento da fábrica de segunda a sexta-feira. No curso de 1 ano, tem-se uma produção de 2.880 toneladas e a produção estimada de 43.200 t, em 15 anos, tempo de resiliência da caatinga.

Tomando por empréstimo a informação dada por Vilela (2009), de que 1 t de briquetes substitui 5m<sup>3</sup> de lenha, então, pode-se inferir que em 15 anos, havendo a substituição da lenha pelo briquete nas cerâmicas, carvoarias, pizzarias, padarias e residências, etc, deixarão de ser retirados do bioma caatinga, no Baixo-Açu, 216.000 m<sup>3</sup> de lenha e será evitado o corte de pelo menos 108.000 plantas da vegetação catingueira, pois, tendo como exemplo a jurema, que rende pouco mais de 2m<sup>3</sup> por espécime (comunicação verbal)<sup>9</sup>.

A algaroba é uma espécie exótica, de poder calorífico alto, utilizada para queima com bastante frequência. Mesmo não sendo uma planta nativa, mas já se faz presente e adaptada à

---

<sup>9</sup> Informação verbal, fornecida pelo empresário da fábrica de briquetes do distrito de Santa Luzia (RN), em 30 de novembro de 2012.

região, contribuindo para amenizar a temperatura e com o sequestro de carbono da atmosfera, pois os agricultores ainda praticam queimadas para preparação do solo para o plantio, que faz aumentar os níveis de CO<sub>2</sub> no ar. Sabe-se que, apenas 1 planta desta espécie rende em torno de 4,5 m<sup>3</sup> de lenha. Então, baseado nesta informação, em 15 anos serão preservados 48.000 espécimes de algaroba.

Os impactos desse processo, presentes em maior ou menor grau nas atividades desenvolvidas nessa região, citada anteriormente, vêm alterando suas estruturas produtivas e exaurindo um modelo que predominou e acirrou a degradação do bioma. A substituição da queima de lenha e do carvão pelo briquete nas cerâmicas e nos demais empreendimentos, não só no Baixo-Açu, como também no Seridó potiguar, irá minimizar substancialmente, ou até mesmo acabar com a pressão sobre o bioma, degradado e ameaçado de perecer.

Neste sentido, a médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas deverão acarretar maior aproveitamento energético de biomassa, passando a ser cada vez mais utilizada na geração de energia, como solução para evitar colapso no setor consumidor de lenha.

Portanto, é preciso considerar a segurança energética (de fornos, fogões etc), assim entendida, de forma a evitar excessiva dependência de lenha, que continua causando danos irreversíveis, especialmente ao semiárido.

#### **4.5.4 O Futuro da biomassa como fonte energética**

O uso da lenha e carvão no Nordeste iniciou-se com o processo de sua ocupação pelo homem, quando lenha e carvão vegetal eram as únicas fontes locais de energias disponíveis (BRASIL, 2010). A questão energética e o manejo florestal da Caatinga é um desafio que enfrenta os governos, pois não conseguem solucionar o problema porque tem muitos outros interesses associados. Daí, o próprio Ministério do Meio Ambiente se pergunta: como atender as demandas de energia da sociedade (em especial da caatinga) sem causar degradação ambiental? A biomassa será a solução?

Segundo Goldemberg (2009), assim como outras opções de energia renovável, o potencial teórico para a energia da biomassa é enorme. Dos aproximadamente 100.000 Terawatts (Tw) de fluxo de energia solar que atingem a superfície da Terra, cerca de 4.000 Tw atingem os 1,5 bilhões de hectares de plantações existentes no mundo. Admitindo que as tecnologias de biomassa moderna possam atingir uma eficiência da conversão energética de

1%, essas plantações poderiam, em teoria, produzir 40 Tw de fluxo de energia, ou mais de 3 vezes o atual fluxo de abastecimento global de energia primária de 14 Tw. Essa comparação não tem a intenção de sugerir que todas as terras cultiváveis deveriam ser usadas para a produção de energia, mas somente para ilustrar que há espaço para uma expansão significativa da contribuição energética da biomassa moderna.

Ainda para Goldemberg, há numerosas áreas em países em desenvolvimento onde o uso de matéria-prima de biocombustíveis melhorados, pode ser substituído pela atual utilização de plantas nativas. O uso eficaz dessas novas matérias-primas de biomassa para a co-produção local de aquecimento, eletricidade e combustível de transporte também teria um impacto profundo na capacidade das populações rurais de acessar formas de energias modernas e mais limpas. Soluções energéticas que podem ser desenvolvidas com investimento modesto de capital serão um elemento crucial de uma efetiva estratégia energética.

Feres (2010), relata que os benefícios gerados pela produção de biocombustíveis no Brasil podem ser convertidos em vantagens econômicas, pelo acordo estabelecido no Protocolo de Quioto e nas diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, ter impactos positivos para créditos de carbono e mudanças climáticas. Contudo, para isso acontecer deve haver investimento público na criação de cursos técnicos e de engenharias para formar mão-de-obra qualificada, agregando conhecimento e tecnologia, domínio do adensamento lignocelulósico, de fundamental importância para que o Brasil desponte, como alguns países da Europa e EUA, que são tanto produtores como consumidores do pelete e do briquete, priorizando a industrialização em grande escala.

As projeções para o futuro indicam que a importância da biomassa aumentará muito, chegando a representar no final deste século de 10 a 20% de toda a energia usada pela humanidade (GOLDEMBERG, 2009). Biocombustíveis produzidos da lignocelulose aparentam ser mais promissores, tanto em termos de minimizar potenciais conflitos entre produção alimentícia e energética e em termos de maximizar os benefícios ambientais (inclusive a redução de gases do efeito estufa) relativos ao uso de combustíveis fósseis.

Para Riegelhaupt e Pareyn (in: BRASIL, 2010), as sociedades devem optar por alternativas de energias possíveis para atender suas demandas. No caso do Nordeste, os recursos hídricos regionais já estão quase completamente explorados para produção de energia elétrica e a energia eólica que está se instalando na região, ainda é um sistema caro e demanda tempo para chegar a ser um produto comercializado em grande escala. Na prática,

significa que a solução é importar energéticos ou recorrer às fontes de biomassa como o capim elefante, capim brachiaria, sorgo etc.

O briquete tornou-se uma alternativa para produção de energia, pois substitui o óleo combustível ou gás natural em caldeiras a vapor; as emissões causadas durante a combustão são reduzidas; menor manutenção de grelhas e fornalhas; menor necessidade de estoque, uma vez que o produto é seco e padronizado, pronto para queima; melhor higiene e aparência que a lenha, ideal para indústrias alimentícias; produto de fácil controle, armazenamento e conservação, pois ocupa menos espaço que a lenha; disponível o ano todo e também pode ser utilizado em consórcio com outros materiais energéticos; sem conservantes químicos, portanto não polui o meio ambiente, totalmente natural e não tóxico; contribui com a redução de derrubada de árvores para produção de calor; alto poder calorífico e menor umidade; não deixa cheiro, fumaça, e resíduos de cinza em torno de 2%. O briquete de biomassa de capim pode ser utilizado também como ração para bovinos.

## 5 DIMENSÃO SOCIOAMBIENTAL DAS QUESTÕES RELACIONADAS À MUDANÇA DA MATRIZ ENERGÉTICA NO BAIXO-AÇU

Esta seção foi subdividida em duas partes: a primeira, que identifica as variáveis para a caracterização das causas que contribuem com o desmatamento na região do semiárido Potiguar e a segunda, que analisa as relações dessas variáveis com a possibilidade de substituição da lenha pelo briquete.

A análise dos formulários de entrevistas está organizada quanto às implicações que algumas variáveis trazem com o desmatamento da caatinga, e também com a possibilidade de substituição da lenha extraída desse bioma, pelo uso da lenha ecológica, o briquete, produzido a partir da biomassa do capim-elefante-roxo, irrigado com água residuária.

### 5.1 INDICADORES DO ESTUDO

A degradação do bioma caatinga no estado do Rio Grande do Norte se deu ao longo do povoamento desse território, e ainda hoje predomina costumes estabelecidos desde a época da sua colonização. Costumes esses, no trato agrícola e, posteriormente, com o surgimento de outras atividades impactantes, como das olarias, das indústrias: de gesso, alimentícia (queijarias, docerias etc) e ceramista, em maior potencialidade, principalmente nos últimos anos, com o “boom” imobiliário que se desenvolveu, não só no RN, como em todo Brasil.

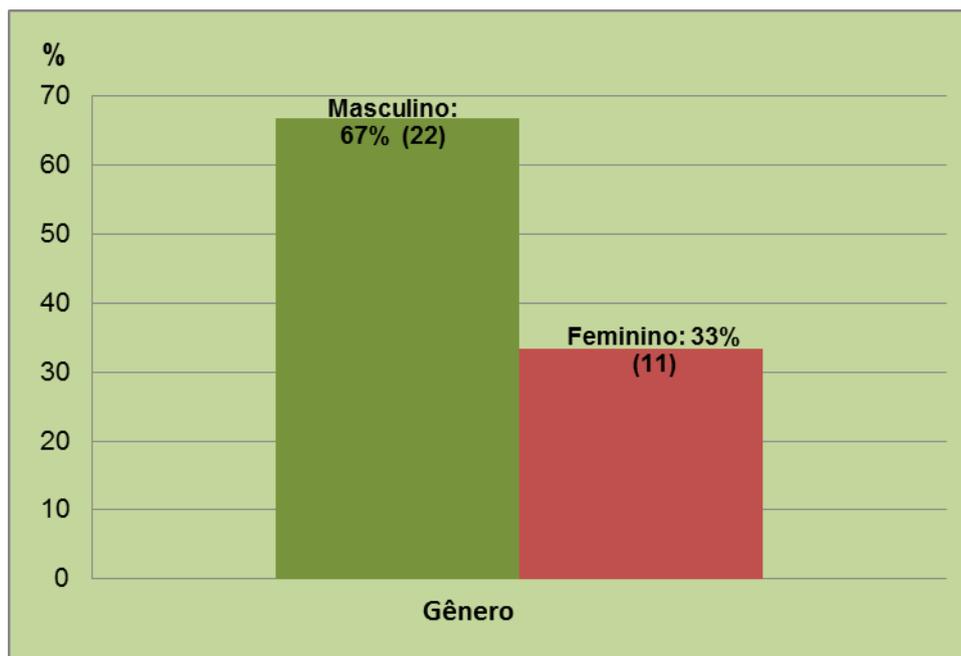
Com o aparecimento de tecnologias voltadas para melhoria da produção, estabelece-se a reprovação ao anacronismo<sup>10</sup> existente, no que se refere ao manejo da caatinga, com novos ensinamentos para o convívio e atividades que permitam a sua sustentabilidade, de modo a diminuir o desmatamento e a contaminação dos corpos hídricos e do solo.

#### 5.1.1 Questão de gênero

O gênero é um item importante para a percepção sobre a preservação do bioma caatinga. Conforme explicitado no gráfico 5.1, o percentual de 67 da amostra foi composto por comerciantes do sexo masculino, equivalendo a 22 entrevistados. Demonstrando preponderante relevância do sexo masculino para a iniciativa de desenvolvimento das atividades estudadas.

---

<sup>10</sup> No dicionário PRIBERAM da língua portuguesa, anacronismo significa: coisa a que se atribui uma época em que ela não tinha razão de ser.

**Gráfico 5.1 – Gênero dos participantes da pesquisa no Baixo-Açu**

Fonte: a autora (2013)

Os demais 33% são comerciantes do sexo feminino, correspondente a 11 entrevistadas. Contudo, este dado demonstra que as mulheres estão cada vez mais galgando espaço, contribuindo bastante no sentido do desenvolvimento local. Essa tendência de incorporação de parcelas crescentes da população feminina ao mercado de trabalho e ao empreendedorismo é observada em todo Brasil.

Integrar as questões de gênero e perspectivas em políticas e programas de desenvolvimento sustentável pode perpassar pelo envolvimento das mulheres ativamente na tomada de decisão em todos os níveis, inclusive nas questões ambientais, conjuntamente aos homens que predominaram até o século XX à frente da economia, pelo menos na região em destaque neste estudo, apoiando-se na proposição de que as mulheres são mais organizadas, sensíveis, compreensivas e admitem mudanças de posturas com mais maleabilidade do que os homens.

Nesse contexto, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação-UNCCD<sup>11</sup> (BRASIL, 2007) deixou claro a necessidade de assegurar mecanismos de promoção da equidade de gênero nos programas de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, visto que, principalmente no meio rural, as funções do homem e da mulher eram muito distintas. Tradicionalmente, enquanto o homem era responsável por garantir o

<sup>11</sup> Instrumento jurídico do direito internacional, concluído pela ONU em 17/06/94, do qual o Brasil tornou-se signatário em 25/06/97 (BRASIL, 2007).

sustento da família, cabia à mulher a tarefa de cuidar da casa, dos filhos e de gerenciar os escassos recursos obtidos pelo marido, geralmente, insuficientes. Atualmente já se percebe mudanças nas questões dessa natureza, as mulheres estão assumindo também o papel de empreendedoras para melhorar a qualidade de vida das suas famílias.

### 5.1.2 Grau de instrução

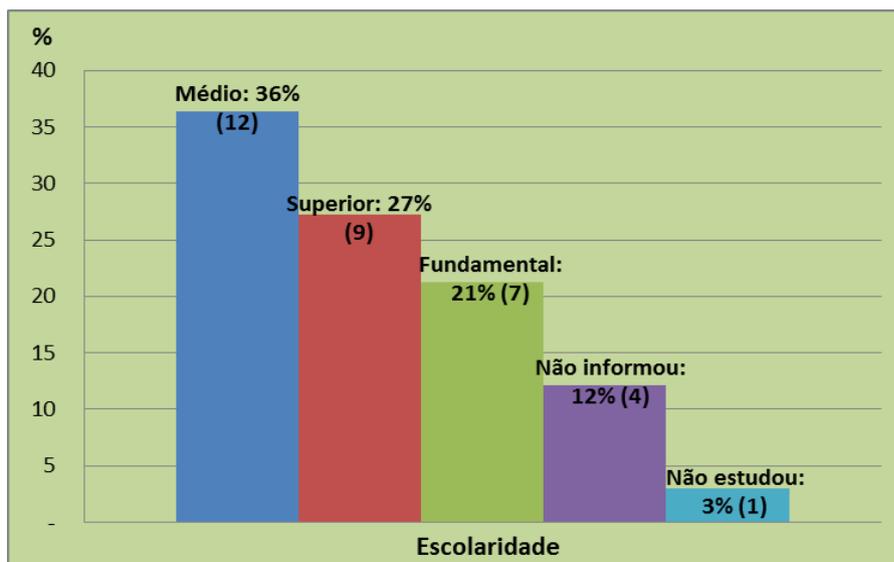
A tabela 5.1 mostra a distribuição de frequência do grau de escolaridade, onde a maior parte dos entrevistados, um total de 12, possuem nível médio, e 9 pessoas têm o nível superior de ensino. Isso demonstra que a maioria poderia mudar seus hábitos em relação a propiciar à preservação do bioma, por se tratar de pessoas esclarecidas, pois, espera-se serem conhecedoras de atitudes voltadas às questões ambientais, partindo do princípio de que a escola é a instituição propulsora dessa consciência. Sabe-se a importância da educação como fator primordial na mudança de hábitos e atitudes no novo paradigma de desenvolvimento, no sentido de reduzir cada vez mais a dependência dos recursos naturais (BUARQUE, 2002).

**Tabela 5.1 – Distribuição de frequência do nível de escolaridade dos empresários**

		Frequência	Percentual	Percentual cumulativo
Válido	Ensino Superior	9	27	27
	Ensino Médio	12	36	63
	Ensino Fundamental	7	21	85
	Não estudou	1	3	88
	Não informou	4	12	100
<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>100</b>	

Fonte: a autora (2013)

Este resultado pode ser observado conforme ilustrado no gráfico 5.2 um percentual de 21 entrevistados com ensino fundamental concluído. Apesar da baixa escolaridade, no entanto, não deveriam ser totalmente leigos nas questões de preservação do meio ambiente, pois, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, no Artigo 225, parágrafo 1º, inciso VI, determina ao poder público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

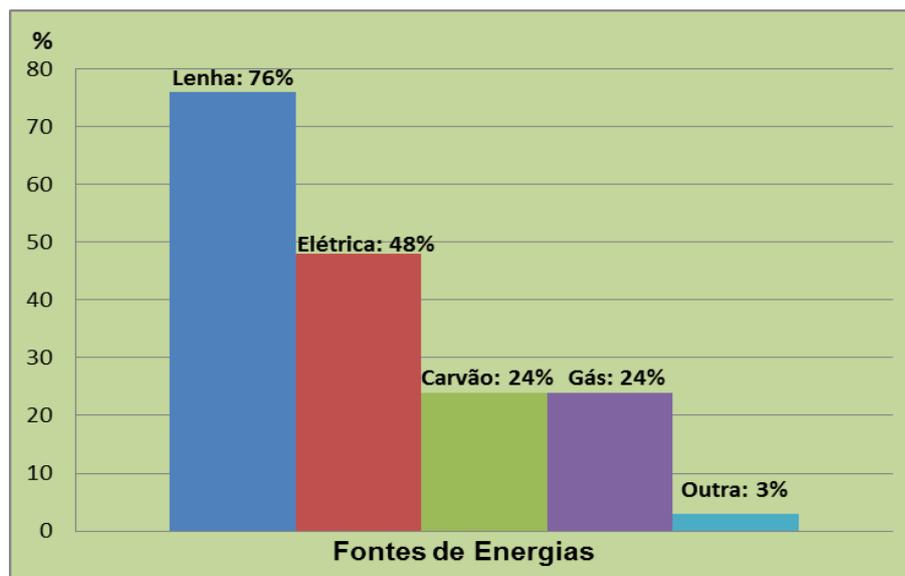
**Gráfico 5.2 – Nível de escolaridade de empresários do Baixo-Açu**

Fonte: a autora (2013)

Levando-se em consideração que essas pessoas comandam atividades utilizando um recurso da flora catingueira, pode-se observar que, mesmo as que têm maior nível de escolaridade (63%), as instruções recebidas não foram suficientes para uma maior consciência e atitude de preservação dos recursos naturais, mais precisamente do bioma caatinga, pois o que prevalece ainda é a questão do capitalismo exacerbado e a meta final, o lucro, que impera na sociedade, em detrimento das questões ambientais.

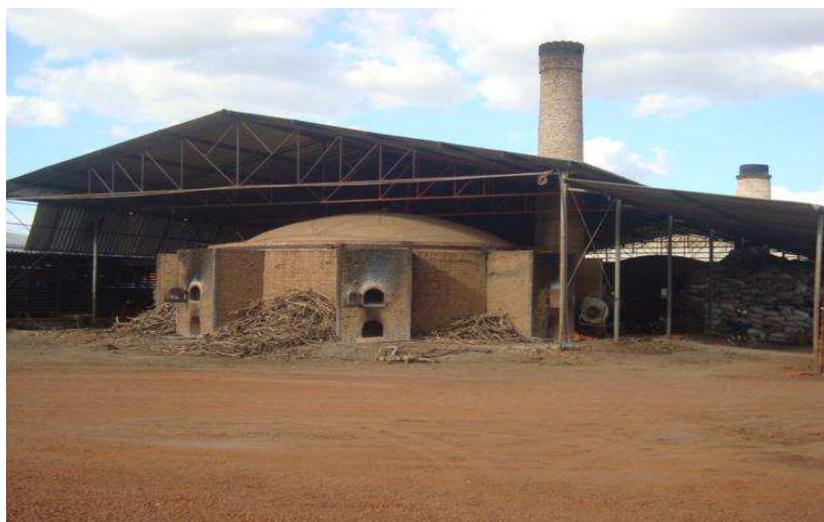
### 5.1.3 Fonte de energia e custos com lenha

Conforme o critério de escolha da amostra, para avaliação das questões em tela, 100% dos entrevistados utilizam nas atividades de produção, a lenha ou carvão vegetal como fonte de queima. Em menor quantidade, concomitantemente, outros tipos de materiais são usados como fontes de energia, tais como a elétrica, o gás, a casca de coco e de castanha, o pó-de-serra, entre outras, conforme mostra o gráfico 5.3.

**Gráfico 5.3 – Tipos de energias utilizadas nos estabelecimentos do Baixo-Açu**

Fonte: a autora (2013)

A figura 5.1 mostra uma das cerâmicas visitadas no município de Itajá/RN, que tem produção de tijolos e telhas, cujo forno é abastecido com lenha. Essa é uma situação verificada em todas as cerâmicas visitadas no Baixo-Açu.

**Figura 5.1 – Forno abastecido com lenha em cerâmica do Baixo-Açu**

Fonte: a autora (2013)

A tabela 5.2 mostra a quantidade de lenha, em metros cúbicos ( $m^3$ ), utilizada por semana, varia conforme o estabelecimento, a atividade e a dimensão. A média foi de  $119 m^3$ , com uma margem de erro de  $49,3 m^3$ , o que faz o gasto em metros cúbicos semanais variar entre  $69,7 m^3$  e  $168,3 m^3$  de lenha. O preço do  $m^3$  de lenha foi registrado em média R\$ 25,00,

chegando ao máximo R\$ 30,00 e mínimo R\$ 18,00. Depoimentos de alguns entrevistados revelam que, há pouco mais de cinco anos a lenha custava em média R\$ 7,00 ou 8,00 m<sup>3</sup>. Esses dados revelam que houve majoração exorbitante, quando relacionada à inflação desse período. Foi detectado durante a pesquisa que existem estabelecimentos consumidores de pequeno, médio ou grande porte que utilizam até 500 m<sup>3</sup> de lenha por semana, revelando um altíssimo consumo.

**Tabela 5.2 – Quantidade de m<sup>3</sup> de lenha utilizados por semana nos empreendimentos do Baixo-Açu –RN**

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão da Média
Quantidade m <sup>3</sup> de lenha utilizados por semana	33	12	500	119	49,3
Total	33				
<b>Válido N</b>	<b>33</b>				

Fonte: a autora (2013)

Outros tipos de energias utilizadas entre as atividades pesquisadas são a elétrica e o gás, que demonstrou, tal como expresso no gráfico 5.3, que 48% usam energia elétrica, e 24%, o gás, concomitantemente com a lenha e o carvão, nos fornos, fogões ou churrasqueiras, e 3% usam energias diferentes, casca de castanha e bagaço de coco, além da lenha/carvão.

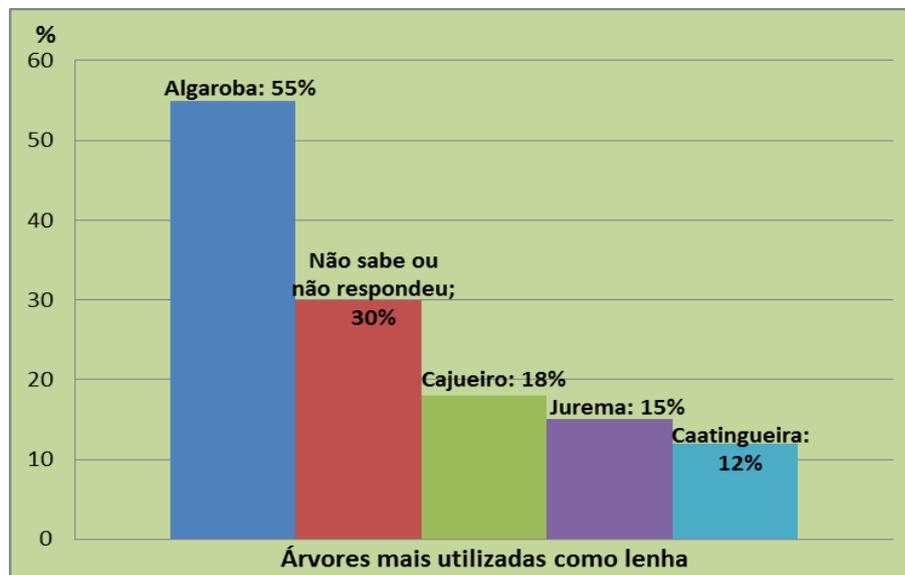
#### 5.1.4 Tipos de árvores mais utilizadas como lenha

A partir da análise de descritiva da frequência postada no gráfico 5.4, observou-se, que 18% dos comerciantes utilizam a lenha advinda de cajueiros (*Anacardium occidentale*), encontrada na região, árvore de copa tortuosa podendo atingir até 20 m. Outra árvore utilizada por 55% dos entrevistados é a algaroba (*Prosopis juliflora*), árvore da família das leguminosas, natural de zonas tropicais áridas, que serve para fazer tanto o carvão como a lenha. Devido à pequena exigência de água e a capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade ganhou a alcunha no meio rural nordestino, de "planta mágica".

Muitas árvores nativas são retiradas da caatinga de forma predatória para uso da lenha, é o caso da catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e a jurema (*Mimosa hostilis*). Constatou-se, tal como ilustrado no gráfico 5.4, que 27% dos comerciantes usam algum destes tipos de árvores mesmo sendo proibida a sua retirada do ecossistema. Um percentual de 30 se mostrou

não estar preocupado em saber qual é o tipo de árvore que é usada na queima em seus fornos, demonstrando total desinteresse com os cuidados em não queimar lenha de origem ilegal.

**Gráfico 5.4. Árvores mais utilizadas como lenha ou carvão**



Fonte: a autora (2013)

A legislação brasileira é clara com relação à reposição da vegetação “sequestrada” dos biomas. De acordo com o Art. 14 do Decreto Federal 5975/06 (BRASIL, 2006) e o Art. 27 da Lei Estadual Complementar Nº 380/08 é obrigada à reposição florestal a pessoa física ou jurídica que:

- I - utiliza matéria-prima florestal oriunda de supressão de vegetação natural;
- II - detenha a autorização de supressão de vegetação natural.

§1º O responsável por explorar vegetação em terras públicas, bem como o proprietário ou possuidor de área com exploração de vegetação, sob qualquer regime, sem autorização ou em desacordo com essa autorização, fica também obrigado a efetuar a reposição florestal.

Aduz ainda o Art. 17 do mesmo decreto que a reposição florestal dar-se-á no Estado de origem da matéria-prima utilizada, por meio de reposição com plantas florestais adequadas, preferencialmente nativas.

A Lei Federal 12.651/12 estabelece no Capítulo I, Art. 1º parágrafo VI responsabilidade comum da União, Estados e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais.

Como se pode observar, a legislação para proteção da vegetação em qualquer bioma, ela existe, porém, não se efetiva na prática. Os órgãos muitas vezes não têm recursos humanos nem infraestrutura suficiente para atender a demanda, ou, quando os tem, são apadrinhados políticos, que não têm competência técnica para fazer as diligências da maneira satisfatória. Prova disso aconteceu no decorrer da pesquisa de campo quando foi observado, com bastante frequência, caminhões exageradamente carregados de lenha, (figura 5.2), retirada da mata nativa, cujo destino principal é o parque ceramista do Baixo-Açu. A dificuldade de recursos humanos e infraestrutura para fiscalizar é a alegação dos órgãos ambientais, que não conseguem combater a retirada ilegal da vegetação, e assim não tem fiscalização adequada, permitindo a ação livre dos usurpadores da caatinga.

**Figura 5.2 – Caminhão carregado com lenha retirada da Caatinga na RN-118**



Fonte: a autora (2013)

Considerando que a lenha é necessária, está imediatamente disponível e pode ser produzida de forma sustentável a partir dos recursos florestais existentes na caatinga, vale perguntar por que esta opção recebe tão pouca atenção nas políticas públicas?

Algumas soluções já existem, porém esbarram muitas vezes na burocracia e no prestígio de alguns políticos, que conseguem direcionar os recursos, em detrimento das necessidades reais. Para o MMA, o uso mais racional dos recursos naturais do semiárido pode ser incentivado com financiamento e assistência técnica adequada à realidade da caatinga.

Para tanto, existem programas como o PRONAF florestal, desenvolvido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, para estimular os agricultores familiares a plantar e fazer um manejo adequado das

florestas. Através do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), são apoiadas instituições para trabalhar com assistência técnica, em toda a região do semiárido (BRASIL, 2012).

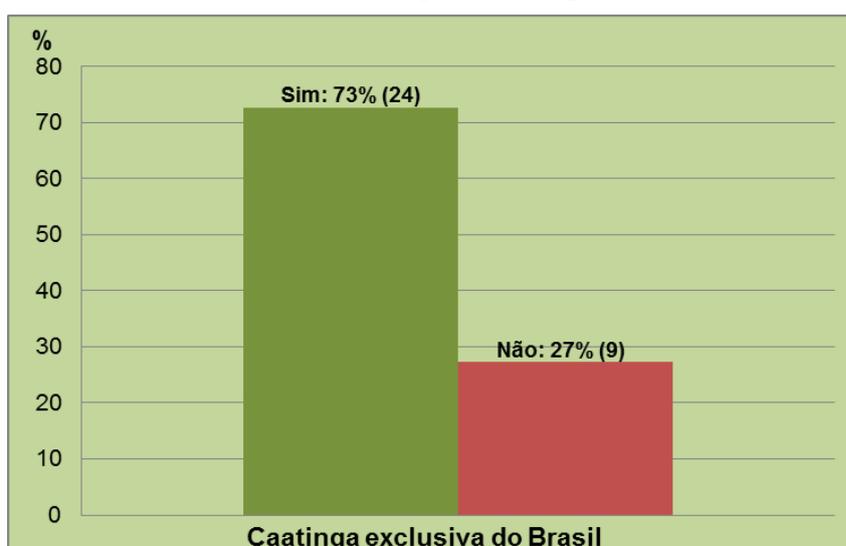
### 5.1.5 Conhecimento de que a caatinga é um bioma exclusivo do Brasil

Apesar da importância que o bioma Caatinga representa para a vida dos sertanejos, algumas pessoas ainda não sabem da sua exclusividade e da importância de mantê-lo preservado. Prova disso foi constatada na análise demonstrada no gráfico 5.5 que aponta para o desconhecimento de 27% dos entrevistados, o que era de se esperar dada a pouca escolaridade de alguns, mesmo sendo garantido o direito à informação preservacionista, pela Constituição, mas sabe-se que na realidade ela não se efetiva.

A caatinga (em tupi) ou seridó (em cariri) significa mato branco, vegetação com fisionomia vegetal extremamente típica, predominante no semiárido brasileiro, distribuída pelos estados do nordeste e norte de Minas Gerais (MELLO FILHO, 1995).

Ao apreciar a vegetação desse bioma cabe mencionar a singularidade dos caracteres de algumas árvores, notáveis ora pela fenologia, ora pelo valor da madeira, pela beleza intrínseca ou pelos frutos comestíveis, saborosos e nutritivos. Essas características da flora catingueira são peculiares e os sertanejos deveriam tomar ciência da sua importância para a preservação desse bioma.

**Gráfico 5.5 – Conhecimento de que a caatinga é exclusiva do Brasil**

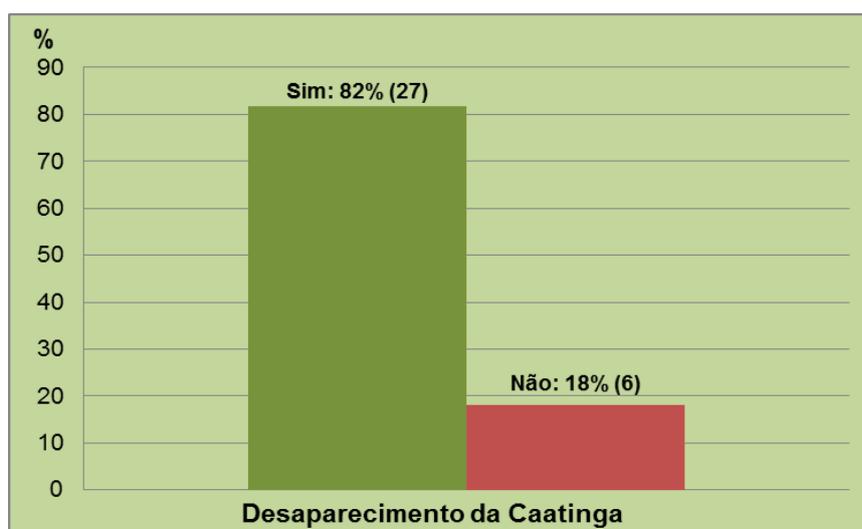


Fonte: a autora (2013)

### 5.1.6 Consciência sobre o desaparecimento da Caatinga

A partir da análise de descritiva da frequência disposta no gráfico 5.6, observou-se que a maior parte dos entrevistados possui conhecimento de que o bioma caatinga está desaparecendo, simbolizando um percentual de 82% da amostra e os demais 18% responderam não ter conhecimento disso, ou, acham conveniente não dar esse tipo de afirmação.

**Gráfico 5.6 – Conhecimento de que o bioma caatinga está desaparecendo**



Fonte: a autora (2013)

Corroborando com o entendimento da grande maioria dos entrevistados, o desaparecimento da vegetação catingueira, não só no Baixo-Açu, mas em todo o estado, está comprovado e, o pouco que resta continua a cada ano se exaurindo, basta ver o aspecto sem fim de tristeza e desolação, totalmente desértico, na rodovia estadual que liga o município de Pendências à Porto do Mangue, com solo desnudo, totalmente sem vegetação, mostrado através da figura 5.3, que o desmatamento ainda consiste em um dos mais sérios problemas ambientais no semiárido brasileiro, destruindo a riqueza da flora e o hábitat da fauna, ambas adaptadas aos rigores das intempéries, as quais personificam verdadeiros milagres da natureza.

Tudo isso é resultado da ação humana, que busca na natureza a solução de seus problemas mais imediatos, não entendendo que a natureza, particularmente, a do semiárido tem um ritmo próprio de recuperação, cuja resiliência é de aproximadamente 15 anos, sob condições favoráveis.

**Figura 5.3 – Área com aspecto desértico na rodovia entre os municípios de Pendências e Porto do Mangue – RN**



Fonte: a autora (2013)

Como resultado do avanço da desertificação, o solo perde sua camada arável, afetando negativamente a produção agrícola e o desenvolvimento sustentável das regiões impactadas. As causas e, ao mesmo tempo, as consequências da degradação e da desertificação são frequentemente, a pobreza e a insegurança alimentar combinadas com variações do ciclo hidrológico, como secas severas e enchentes de grandes proporções, afetando completamente a dinâmica dos ecossistemas, além de mudar os costumes das pessoas. Pode-se inferir como outra consequência grave, a perda das condições de viver no semiárido e a migração para centros urbanos maiores, o que leva o homem do campo a viver à margem da sociedade, em condições sub-humanas nas periferias e favelas das cidades, levando à sérios problemas sociais, como analfabetismo, prostituição, tráfico de drogas, entre tantos outros.

#### **5.1.7 Atividade desempenhada contribui para o desaparecimento da Caatinga**

A pergunta mais polêmica do ponto de vista dos entrevistados foi sobre a contribuição das suas atividades para a degradação da caatinga. Porém, causou surpresa quando 73% deles (as) afirmaram que contribui para isso, tal como especificado na tabela 5.3.

Esse resultado mostra que as pessoas são conscientes de suas atitudes, mas não procuram soluções para o problema. Talvez, por ser mais cômodo ou economicamente mais oportuno. No entanto, 27% não sabem responder se suas atividades trazem danos ao meio

ambiente, em especial, à caatinga. Talvez tenha havido por parte deles (as), receio de expressar a verdade de tal informação para se eximirem da culpa, ou com medo de estarem vulneráveis à fiscalização dos órgãos ambientais.

**Tabela 5.3 – Atividade contribui para o desaparecimento da caatinga**

		<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual cumulativo</b>
Válido	sim	24	73	73
	não	9	27	100
<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>100</b>	

Fonte: a autora (2013)

Fazendo uma avaliação da diferença entre o número de pessoas (27) que responderam ter conhecimento de que a caatinga está desaparecendo e as que assumiram (24) que suas atividades contribuem para esse desaparecimento, mostra a verdadeira consciência do problema pelos entrevistados, haja vista apenas ter havido divergência na opinião de 3 entrevistados, cujo resultado está dentro da margem de erro da pesquisa.

A realidade é que as expectativas socioeconômicas devem andar *pari passu* com as ambientais, para que a vida na terra possa continuar a existir, pois, nem sempre o fato de existirem interesses antagônicos variados, significa que devam ser conflitantes. A este respeito, Luz (2005) dá como exemplo o controle do desmatamento, que deve andar junto com reflorestamento, prevenção de enchentes e conservação da água.

### 5.1.8 Utilização de fontes de energias menos nocivas à Caatinga

A distribuição de frequência explanada na tabela 5.4 demonstra que, praticamente todos os entrevistados (94%) estão dispostos a utilizar outras fontes de energia menos nocivas ao bioma, contra apenas 6% que não as utilizariam.

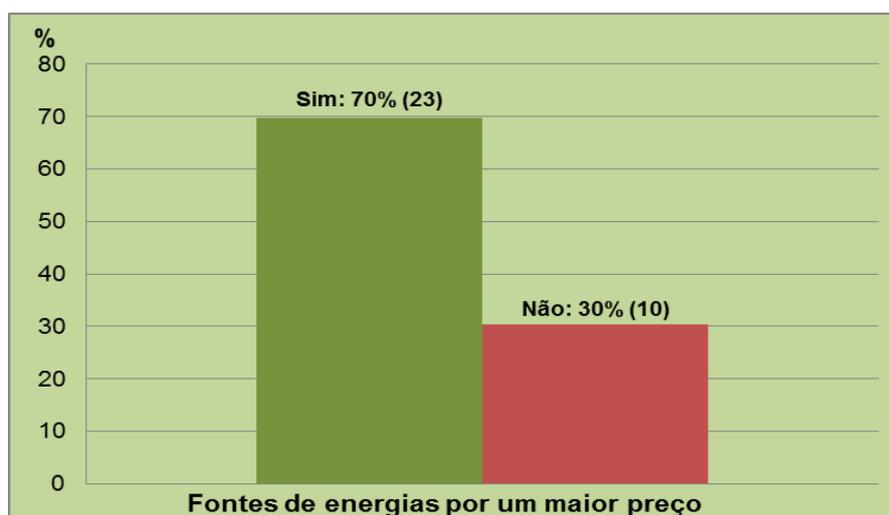
**Tabela 5.4 – Utilizaria fontes de energias menos nocivas à caatinga**

		<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual cumulativo</b>
Válido	Sim	31	94	94
	Não	2	6	100
<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>100</b>	

Fonte: a autora (2013)

No entanto, deve-se considerar também a influência do preço em fontes alternativas de energias mais limpas, uma vez que, conforme ilustrado no gráfico 5.7, se estas fontes apresentarem custos maiores que as habitualmente utilizadas (a lenha), o número de comerciantes dispostos a fazer essa substituição diminui de 94% para 70%, o que não é de tudo ruim. Do ponto de vista ambiental, será um bom começo!

**Gráfico 5.7 – Usaria fontes de energias menos nocivas por um custo maior que o atual**



Fonte: a autora (2013)

Dessa forma, 30% dos entrevistados recusa-se a preservar a caatinga se aumentar as despesas de seus empreendimentos comerciais, ou seja, na questão da preservação do meio ambiente versus lucro, ainda se sobressai este último. Atitude que não se justifica, porque da maneira que está a lenha oriunda da vegetação catingueira vai desaparecer em breve e aí não restará opção, ou muda a matriz energética ou fecha as portas das empresas.

Balizando ainda sobre as questões da crueldade causada ao ambiente do semiárido, inclui-se também a poluição do ar, originária dos gases danosos e material particulado lançados pelas cerâmicas, diariamente, aos céus da região, como se pode observar na figura 5.4 as chaminés lançam fumaça preta, altamente poluente, resultado da queima incompleta pela alta umidade da lenha, que causam graves danos à saúde, como irritação nos olhos e garganta, redução da resistência às infecções, além de doenças crônicas que colocam em risco a qualidade de vida dos trabalhadores e das pessoas que moram no entorno das cerâmicas.

**Figura 5.4 - Emissão de poluentes na atmosfera por cerâmica do Baixo-Açu**

Fonte: a autora (2013)

### 5.1.9 Atividades que demandam uso de lenha

Conforme pode ser observado na tabela 5.5 de distribuição de frequência, para os 33 comerciantes entrevistados 42% consideram que a atividade que demanda maior uso de lenha é a ceramista, em igual percentual, eles (as) também atestam que as padarias demandam maior gasto de lenha. Daí pode-se concluir com isso que, realmente, o consumo de lenha não só no Baixo-Açu, mas no estado do RN, a maior parcela desse consumo é na indústria da cerâmica, seguido das padarias e em menor intensidade, os restaurantes, docerias, bares e as residências na zona rural.

**Tabela 5.5 – Atividades que demandam muito uso de lenha no Baixo-Açu**

		<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual cumulativo</b>
Válido	cerâmica	14	42	42
	padaria	14	42	84
	restaurante	2	6	90
	não sabe	3	9	100
	<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100</b>	

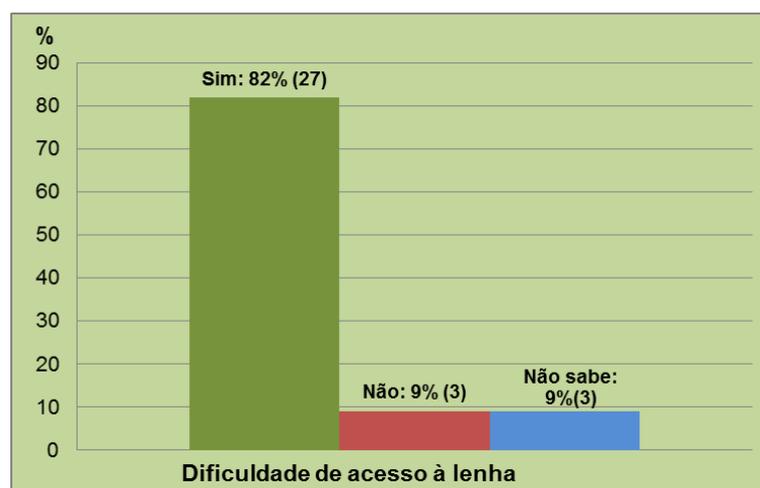
Fonte: a autora (2013)

A exploração desordenada dos recursos florísticos no Baixo-Açu proporcionada não só pelas cerâmicas, mas por outros segmentos, vem ocorrendo há décadas. Porém, alguns proprietários dessas fábricas já vêm adotando medidas de contenção dessa exploração. Na pesquisa de campo foi detectado alguns que já fazem plano de manejo da mata; outros que mudaram os fornos para o tipo Abóbada que tem consumo médio  $0,7 \text{ m}^3$  e o Hoffmann  $0,4$  a  $0,6 \text{ m}^3$  de lenha/t de produto queimado, conforme relata Baccelli Júnior (2010), menos consumo que os tradicionais: caipira e corujinha.

#### 5.1.10 Dificuldade de acesso à lenha versus aumento do valor

Quando questionados se há maior dificuldade de acesso à lenha, 82% dos comerciantes, conforme gráfico 5.8, disseram que sim. As informações obtidas relativas à busca por material de queima na região dão conta de que é cada vez mais complicada a obtenção de lenha, algumas vezes comprometendo o andamento dos trabalhos por falta de material para queima, chegando a atrasar entregas, cancelamentos de pedidos, entre outros inconvenientes. Esta é uma questão que deve ser bem gerenciada pelos responsáveis, no sentido de que não haja transtornos, para não comprometer a atividade, segundo relato de alguns ceramistas, pois a lenha é de difícil acondicionamento ocupando muito espaço e não pode molhar, o que é complicado em épocas das chuvas.

**Gráfico 5.8 – Maiores dificuldades de acesso à lenha no Baixo-Açu**



Fonte: a autora (2013)

Com relação ao consumo do carvão, detectado no comércio de restaurantes e bares, o sentimento é de que não tem grandes dificuldades na aquisição, porém, o preço do produto é

que está reduzindo o uso, o que, segundo eles, essa majoração deve-se a dificuldade na obtenção da matéria prima que produz o carvão.

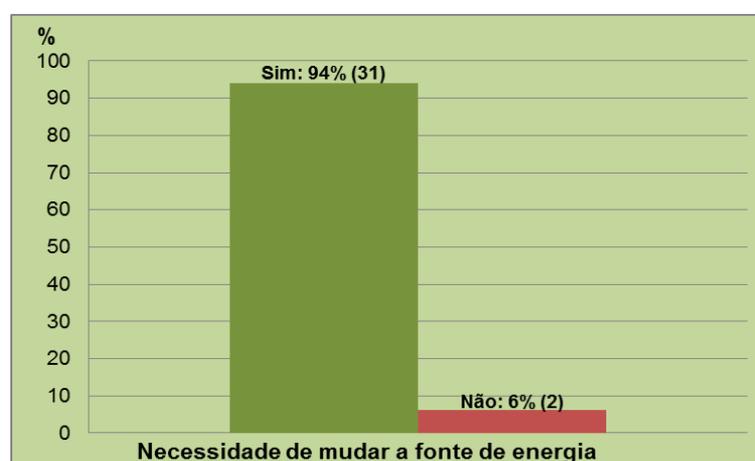
O sentimento das pessoas em relação ao aumento do custo da lenha também é notório. Isso está acontecendo tem alguns anos devido o custo frete para transportar a lenha, pois o local de retirada está ficando cada vez mais distante da zona urbana ou peri-urbana, onde estão os estabelecimentos comerciais e as indústrias ceramistas. Ou seja, quanto mais distante a área de retirada da lenha, mais cara fica para chegar até o usuário.

Mesmo as pessoas que relataram não ser difícil o acesso à lenha (3), mas concordam que está bem mais cara atualmente, outras 3 pessoas não sabem opinar (ou preferiram omitir) com relação à questão levantada.

### 5.1.11 Necessidade de mudança da fonte de energia

Os problemas ocasionados pela retirada da vegetação não só da caatinga, como dos outros biomas do Brasil para as mais diversas atividades, são velhos conhecidos das pessoas comuns e também dos gestores públicos. Sabe-se que mudanças de atitudes e adoção de novas tecnologias deverão ser urgentemente implantadas em todos os níveis de produção dos bens de consumo. Nesse contexto, quando questionados sobre a necessidade de substituição das fontes de energias utilizadas, 94% dos empresários, conforme mostra o gráfico 5.9, opinaram que há necessidade de que essas fontes sejam substituídas, até porque é provável o desaparecimento na região num futuro bem próximo. Entretanto ainda há pessoas que não vêm à necessidade de que as árvores da região sejam preservadas e a fonte de energia seja substituída.

**Gráfico 5.9 – Necessidade de mudança da fonte de energia no Baixo-Açu**

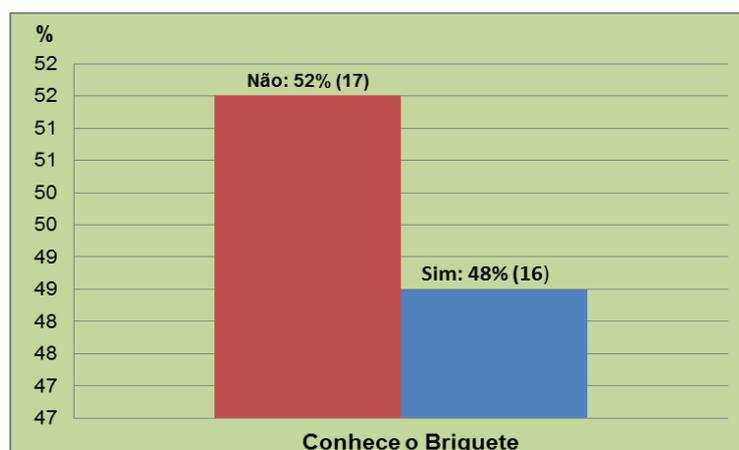


Fonte: a autora (2013)

### 5.1.12 Conhecimento sobre o briquete

Conforme ilustrado no gráfico 5.10, 48% dos entrevistados já conhecem ou ouviram falar ou conhece alguém que usa a referida lenha artificial. Dentre essas pessoas, a maioria é ceramista. Baseado em seus depoimentos, se vê a necessidade de incentivos fiscais pelo poder público e investimentos (seja público ou privado) para incrementar a produção de briquetes no Rio Grande do Norte. Percebe-se que, com uma maior divulgação, a aceitabilidade dessa lenha é dada como certa no setor ceramista.

**Gráfico 5.10 – Conhecimento dos empresários do Baixo-Açu sobre o briquete**



Fonte: a autora (2013)

Em Natal, muitas pessoas conhecem o briquete e já é usado há mais de três anos em pizzarias da cidade, a exemplo da Reis Magos, cujo proprietário revelou ao Jornal de Hoje,

*“o uso do briquete tem trazido uma série de vantagens, pois, além de gerar menos fumaça (o que melhora o odor do ambiente), deixa menos cinza e fuligem, proporciona maior estabilidade e rapidez na resposta da temperatura, por seu alto poder calorífico, é mais higiênico e de melhor aparência”,* ainda completa o empresário: *“Já sabíamos que mais cedo ou mais tarde não se poderá mais usar lenha, então resolvemos buscar uma forma sustentável de manter a tradicional pizza de forno a lenha”* (LISBOA, D. 2012<sup>12</sup>).

<sup>12</sup> Notícia veiculada no “O Jornal de Hoje”, mídia escrita, no dia 06 de junho de 2012, sob título: Empresas buscam reduzir impactos ao meio ambiente, pela repórter Daniele Lisboa.

### 5.1.13 Potencial de produção do briquete: estado da arte no RN

Com o advento das exigências ambientais e a necessidade de buscar alternativas para criar energias mais limpas, o mercado potiguar começa a absorver a ideia de produção de briquetes em grande escala. Tendo como facilitador a obtenção de matéria prima disponível na região, já que pode ser processado com uma grande variedade de biomassa, dentre elas, a biomassa de capim-elefante.

O estado da arte da briquetagem no estado encontra-se ainda bastante tímido, com apenas quatro fábricas, assim distribuídas:

- 01 no distrito de Santa Luzia, município de Touros, com capacidade para 12-14 t/dia;
- 01 no município de Pureza podendo produzir de 15 até 18 t/dia;
- 01 no município de Parelhas, com uma produção de 8 t/dia, utilizada no próprio empreendimento ceramista, suprimindo sua demanda de energia em 40%;
- 01 no IFRN de Ipanguaçu (em instalação) com capacidade de 12-14 t/dia.

Esses dados inferem que, no estado do RN serão produzidas diariamente, até junho do corrente ano, 54 teladas de briquetes, o que não representa muito quando se relaciona à quantidade que é necessária para atender a demanda dos empreendimentos no Baixo-Açu, mas é o caminho para melhorar essa produção em grande escala.

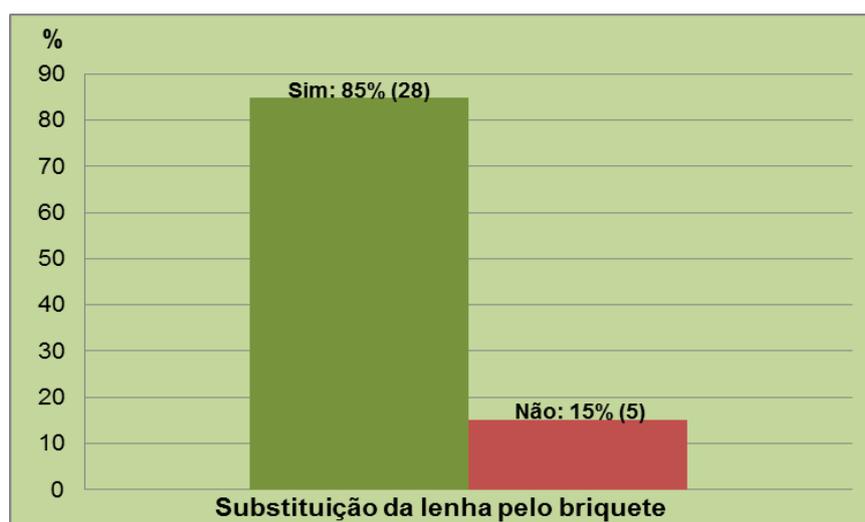
O briquete é um produto bastante antigo, sendo produzido desde 1924, pelas indústrias Ford Motor Company, EUA. A Suécia e Finlândia que não têm hidroelétricas são as que reúnem maior *know how* de produção e comércio em peletes e briquetes, tanto de madeira como de carvão. Outros países como a Alemanha, Áustria e Dinamarca são produtores e consumidores de briquetes. No Brasil esse produto é pouco conhecido, embora haja registro da primeira briquetadeira brasileira na década de 1940, importada da Alemanha para uma indústria em Santa Catarina (GENTIL, 2008).

### 5.1.14 Substituição da lenha pelo briquete

Sobre a substituição da lenha usada nos fornos, fogões, etc. pelo briquete, 85% dos empresários afirmaram, conforme ilustrado no gráfico 5.11, estar disponíveis a substituí-la pela lenha ecológica, o briquete. Alguns ainda apontaram a questão dos custos do briquete, se seriam acessíveis ou não, e outros alegaram que essa é uma responsabilidade que cabe ao

governo implementar políticas de incentivo à produção e consumo, não prejudicando o consumidor final dos materiais por eles produzidos. Na prática, se referem a não majoração dos produtos, tais como: telhas, tijolos, e outros produtos. Porém, sabe-se que a realidade do desenvolvimento sustentável perpassa pela contribuição de todos, inclusive acatando obrigações financeiras.

**Gráfico 5.11 – Empresários do Baixo-Açu deixariam de utilizar a lenha pelo briquete**



Fonte: a autora (2013)

Um percentual de 15 dos entrevistados não se mostrou dispostos a fazer o uso da lenha ecológica ao invés da lenha retirada da caatinga, que se sabe- é uma atitude extremamente nociva ao meio ambiente.

Percebeu-se ao longo deste estudo que, no Baixo-Açu o mercado do briquete é bastante promissor, pois eles estão abertos a comprá-lo, desde que seja garantida a quantidade necessária para suprir as suas demandas.

### 5.1.15 Conhecimento sobre o que é reuso de água

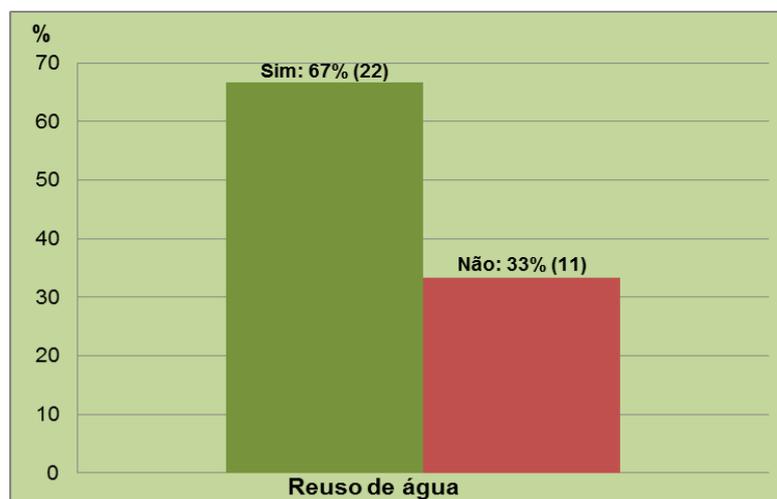
A prática do uso de água residuária no estado é de conhecimento dos gestores da empresa de abastecimento de água, de pesquisadores das instituições de ensino, dos órgãos ambientais e pessoas leigas na temática – reuso –, mas é feito na clandestinidade.

Quando perguntados sobre o que é reuso de água, 67% dos entrevistados responderam saber do que se trata. E tal como disposto no gráfico 5.12, desconhece essa possibilidade 33%.

Além de Pendências, na região do Baixo-Açu se verifica condições para a utilização de água residuária tratada, na agricultura, em mais quatro municípios que dispõem de ETES:

Açu, Afonso Bezerra, Carnaubais e Macau (ETE Macauzinho). A ETE Ilha de Santana em Macau necessitaria de grandes investimentos para conduzir o efluente até uma área distante do manguezal, que talvez inviabilize o investimento, quando relacionado à taxa de retorno financeiro.

**Gráfico 5.12 – Conhecimento dos empresários do Baixo-Açu sobre o que é reuso de água**



Fonte: a autora (2013)

Quando questionados se o reuso de água residuária tratada traria benefícios para uma maior disponibilidade de água para diversos fins, 100% dos entrevistados responderam que sim, conforme mostrado na tabela 5.6.

**Tabela 5.6 – O reuso de água traria benefícios ao Baixo-Açu**

	Frequência	Percentual	Percentual cumulativo
Válido sim	33	100	100
Total	33	100	

Fonte: a autora (2013)

Embora alguns entrevistados tenham revelado não saber o significado do reuso de água, todos concordaram que o tratamento do esgoto pode trazer diversos benefícios e, inclusive, ser utilizada em várias atividades, que não exijam água de boa qualidade, proporcionar economia de água doce para atividades mais nobres, imprescindível para sobrevivência humana; também contribui no aumento expressivo da produção, pois as águas residuais contêm substâncias nutritivas para as plantas e o solo, o que acarretará em sensível diminuição de impacto ambiental.

## 5.2 SUBSTITUIÇÃO DA LENHA ORIGINÁRIA DA CAATINGA PELA LENHA ECOLÓGICA (BRIQUETE)

Dimensão que analisa as implicações das variáveis, discutidas no item 5.1 desta seção, para a substituição das fontes atuais de energias pelo briquete, na região do Baixo-Açu.

### 5.2.1 Relação da disposição para substituir a lenha pelo briquete com o grau de instrução

Quanto à relação do grau de instrução com a possibilidade de substituição da lenha oriunda da caatinga pelo briquete nota-se, de acordo com a tabela 5.7 que, entre os entrevistados com nível superior, 78% estão dispostos a substituir a lenha, que é atual fonte de energia em seus empreendimentos, pelo briquete. Entre as pessoas com ensino médio, 75% estão disponíveis a adotarem o uso da lenha ecológica em seus empreendimentos. Já entre os que possuem nível fundamental de estudo, apenas 57% estariam dispostos a mudar sua fonte de energia. Com isso, percebe-se que, quanto maior o nível de escolaridade, maior é a percepção dos problemas ambientais causados pelas atividades dos mesmos.

**Tabela 5.7 – Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o grau de instrução**

		Substituiria lenha pelo briquete		Total
		Sim	Não	
Grau de Instrução	Superior	Quantidade 7	2	9
		% Substituiria a lenha pelo briquete 78%	22%	27%
	Médio	Quantidade 9	3	12
		% Substituiria a lenha pelo briquete 75%	25%	36%
	Fundamental	Quantidade 4	3	7
	% Substituiria a lenha pelo briquete 57%	43%	21%	
	Não estudou	Quantidade 1	0	1
		% Substituiria a lenha pelo briquete 100%	0%	3%
	Não informou	Quantidade 4	0	4
		% Substituiria a lenha pelo briquete 100%	0%	12%
<b>Total</b>		Quantidade 25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete 100%	100%	100%

Fonte: a autora (2013)

Um fato que chamou atenção foi em relação à única pessoa da amostra que não estudou, é que, mesmo sem a possibilidade de ter obtido informações (formal) sobre meio ambiente, preservação, desmatamento, poluição do solo e da água, etc, se dispôs a fazer a substituição da sua fonte energética. Isso demonstra a consciência do problema enfrentado no dia-a-dia.

### 5.2.2 Relação da substituição da lenha pelo briquete com o gênero

De acordo com a tabela 5.8, observou-se que 66,7% dos entrevistados são do sexo masculino e 81,8% deles tem predisposição para substituir a lenha originária da caatinga pelo briquete; já o sexo feminino representa 33,3%, sendo que 63,6% das mulheres estão aptas ao uso de briquete.

O principal uso da lenha nas residências é para cocção e aquecimento, tarefa realizada pelas mulheres, na maioria dos lares. Porém, elas estão preferindo acompanhar a tendência nacional de comprar bens de consumo mais modernos, incentivados pelo governo federal, com a redução de impostos na “linha branca”, incluindo o fogão, que funciona a base de gás liquefeito de petróleo (GLP) ou gás natural, sendo extinto aos poucos o fogão à lenha.

**Tabela 5.8 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o gênero**

		Substituiria lenha pelo briquete		Total
		Sim	Não	
Gênero	Masculino	Quantidade 18	4	22
		% Substituiria a lenha pelo briquete 81,8%	18,2%	66,7%
Gênero	Feminino	Quantidade 7	4	11
		% Substituiria a lenha pelo briquete 63,6%	36,4%	33,3%
<b>Total</b>		Quantidade 25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete 100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: a autora (2013)

O BEN informou que a produção em 2008 de 25.541.000 teladas de lenha no Brasil foram para uso residencial, o que representou 27,1% de toda lenha produzida naquele ano, ficando abaixo somente do consumo industrial (BRASIL, 2010). Mas a redução desse consumo vem sendo observada nos últimos anos (1,3 % ao ano), fato explicado no relatório

do BEN pelo aumento da renda familiar, que oferece condições de substituição dos aparelhos domésticos.

### 5.2.3 Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento da existência do mesmo

Sobre o conhecimento da existência do briquete com a sua aceitação para uso, conforme observado na tabela 5.9, 100% das pessoas que disseram já conhecer a lenha ecológica estão disponíveis a usá-la ao invés da atual fonte de energia, a lenha e o carvão.

**Tabela 5.9 – Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento da existência do mesmo**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
Conhecimento do briquete	Sim	Quantidade	16	0	16
		% Substituiria a lenha pelo briquete	100%	0	48,5%
	Não	Quantidade	9	8	17
		% Substituiria a lenha pelo briquete	52,9%	47%	51,5%
<b>Total</b>		Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100%

Fonte: a autora (2013)

Ainda de acordo com essa tabela, os entrevistados que não conheciam o briquete, num percentual de 52,9 % estão dispostos, mesmo assim, a substituir a lenha pelo briquete. E os demais, 47%, equivalente a 8 usuários de lenha e carvão que não estão receptíveis ao uso do mesmo.

Baseado neste fato percebe-se que tem um caminho ainda a ser trilhado na busca da aceitação de algumas pessoas. Para isto, precisa de mais ações de divulgação dos benefícios, podendo ser citados, por exemplo, a facilidade de armazenamento (ocupa menos espaço que a lenha), disponibilidade em época de chuva, poder calorífico excelente, não causa desmatamento, etc.

### 5.2.4 Relação da substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento de que o bioma caatinga está desaparecendo

No que diz respeito à relação do conhecimento dos entrevistados de que o bioma caatinga está desaparecendo com a disponibilidade para substituição da lenha pelo briquete, observou-se, conforme disposto na tabela 5.10, que 82% dos entrevistados (22 pessoas) que reconhecem o desaparecimento do bioma caatinga estão disponíveis a fazer a substituição em suas fontes de energias buscando minimizar a pressão antrópica ao bioma e 18% dos que compartilham esse entendimento disseram não utilizar a lenha ecológica (briquete) ao invés das fontes atuais. Entre os entrevistados que respondeu não ter conhecimento do desaparecimento do bioma Caatinga, 50% deixariam de utilizar a lenha atual para utilizar o briquete.

**Tabela 5.10 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento de que a Caatinga está desaparecendo**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
Conhecimento de que a Caatinga está desaparecendo	<b>Sim</b>	Quantidade	22	5	27
		% Substituiria a lenha pelo briquete	81,5%	18,5%	81,8%
	<b>Não</b>	Quantidade	3	3	6
		% Substituiria a lenha pelo briquete	50,0%	50,0%	18,2%
<b>Total</b>	Quantidade	25	8	33	
	% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100,0%	

Fonte: a autora (2013)

### 5.2.5 Relação da substituição da lenha pelo briquete com a prática da atividade contribuindo para o desaparecimento da caatinga

De acordo com a tabela 5.11 observa-se que, dos 24 comerciantes que são conscientes que suas atividades contribuem para o desaparecimento da Caatinga, apenas 19 deles, ou seja, 79% estão receptíveis a substituição da queima da lenha pelo uso do briquete como fonte de energia para seus empreendimentos. Os demais 21% não estão dispostos a substituírem suas

fontes atuais de energias pelo briquete. Fato contraditório da segunda resposta em relação à primeira.

**Tabela 5.11 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o desempenho das atividades contribuindo para o desaparecimento da Caatinga**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
A atividade desempenhada contribui para o desaparecimento da Caatinga	Sim	Quantidade	19	5	24
		% Substituiria a lenha pelo briquete	79%	21%	72,7%
	Não	Quantidade	6	3	9
		% Substituiria a lenha pelo briquete	66,7%	33,3%	27,3%
<b>Total</b>		Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100%

Fonte: a autora (2013)

Das nove pessoas entrevistadas que responderam que suas atividades comerciais não trazem danos à Caatinga, 6 delas disseram substituir a lenha pelo briquete. No entanto, 3 disseram não pretender fazer essa substituição, respostas condizentes com a primeira situação.

### 5.2.6 Relação da substituição da lenha pelo briquete com a consciência da degradação da caatinga

Em relação à consciência da degradação da Caatinga com a possibilidade de substituição da lenha pelo briquete, observa-se de acordo com a tabela 5.12 que estão cientes da degradação que a caatinga vem sofrendo, 74,2% e estão dispostos a substituir a lenha pelo briquete. Os outros 25,8% mesmo estando cientes dessa degradação, não pretendem fazer a substituição, o que causou estranheza, mas pode-se inferir este resultado a falta de informação sobre o briquete.

Contudo, dentre os entrevistados que afirmam desconhecer a degradação da caatinga, 100% deixariam de utilizar a lenha atual para utilizar o briquete.

**Tabela 5.12 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com a consciência da degradação da Caatinga**

		Substituiria lenha pelo briquete		Total	
		Sim	Não		
Consciência da degradação da Caatinga	Sim	Quantidade	23	8	31
		% Substituiria a lenha pelo briquete	74,2%	25,8%	93,9%
	Não	Quantidade	2	0	2
		% Substituiria a lenha pelo briquete	100,0%	0	6,1%
<b>Total</b>		Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100,0%

Fonte: a autora (2013)

### **5.2.7 Relação da substituição da lenha pelo briquete com a utilização de fontes de energia menos nociva a caatinga, mesmo que mais cara que a atual**

Quanto à relação da disponibilidade de uso de outras fontes menos nocivas à Caatinga mesmo que mais cara, com a possibilidade de substituição da lenha, nota-se, de acordo com a tabela 5.13 que, entre os entrevistados que responderam positivamente, 19 pessoas passariam a usar outro tipo de energia em seus empreendimentos mesmo que fosse por um custo maior. Dos comerciantes que disseram não utilizar outras fontes de energias menos nocivas, 6 responderam que substituiriam as fontes de energias dos seus empreendimentos.

A mesma quantidade de pessoas nas duas indagações: 4 afirmativas e 4 negativas para o uso de energias mais caras que as atuais, apresentaram opiniões semelhantes em não substituir sua fonte energética, se essa for de custo mais elevado.

**Tabela 5.13 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com a utilização de fontes de energias menos nocivas a Caatinga, por um custo maior**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
Utilização de fontes de energias menos nocivas à Caatinga, ainda que mais caras que as atuais.	Sim	Quantidade	19	4	23
		% Substituiria a lenha pelo briquete	82,6%	17,4%	69,7%
	Não	Quantidade	6	4	10
		% Substituiria a lenha pelo briquete	60,0%	40,0%	30,3%
<b>Total</b>		Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100,0%

Fonte: a autora (2013)

### 5.2.8 Relação da substituição da lenha pelo uso do briquete com o conhecimento sobre o reuso de água

De acordo com a tabela 5.14, verifica-se que entre os entrevistados que sabem o que é reuso de água, 68,2% deles estão dispostos a substituir a lenha pelo briquete. Dessa forma, 31,8% desses comerciantes não pensam o mesmo.

Porém, 11 comerciantes entrevistados não têm conhecimento sobre o que vem a ser reuso de água. Entre esse grupo, 90,9% mesmo desconhecendo a utilização da água residuária, predispõem-se a utilizar o briquete e apenas 1 pessoa não faria a substituição.

**Tabela 5.14 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com o conhecimento sobre o reuso de água**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
Sabe o que é reuso de água	Sim	Quantidade	15	7	22
		% Substituiria a lenha pelo briquete	68,2%	31,8%	66,7%
	Não	Quantidade	10	1	11
		% Substituiria a lenha pelo briquete	90,9%	9,1%	33,3%
<b>Total</b>		Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100,0%

Fonte: a autora (2013)

### 5.2.9 Relação da substituição da lenha pelo briquete com o reuso de água traria benefícios

Quanto à relação entre a opção de substituição da lenha oriunda da caatinga pelo briquete com a opinião dos entrevistados sobre os benefícios do reuso de água, observou-se, de acordo com a tabela 5.15 que, todos os 33 comerciantes entrevistados acreditam que o reuso de água traz benefícios. Entretanto, há uma parcela de 24% dessas pessoas que não substituiriam a lenha, pelo briquete. Enquanto que 76% demais entrevistados reconhecedores dos benefícios e emprego da água reutilizada estão aptos a substituírem o uso da lenha pelo briquete.

**Tabela 5.15 - Relação da disposição de substituição da lenha pelo briquete com os benefícios do reuso de água**

			Substituição da lenha pelo briquete		Total
			Sim	Não	
Reuso de água traria benefícios	Sim	Quantidade	25	8	33
		% Substituiria a lenha pelo briquete	75,8%	24,2%	100,0%
<b>Total</b>			<b>75,8%</b>	<b>24,2%</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: a autora (2013)

## 5.3 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo dar uma contribuição para o desenvolvimento de uma nova fonte de energia, na perspectiva de que minimize o desmatamento e evite o desaparecimento total do bioma caatinga, como também contribuir para dar um destino final aos efluentes, evitando assim, que sejam lançados no solo ou nos corpos hídricos, poluindo-os cada vez mais. Nesse intento, procurou-se saber das pessoas envolvidas no processo produtivo consumidor de lenha e carvão, no Baixo-Açu, os aspectos que envolvem toda a problemática acima mencionada e como se pode mudar a postura dessas pessoas perante a possibilidade de internalizarem a real necessidade de mudanças, diante de suas relações com a preservação do meio ambiente.

De qualquer forma, têm-se enormes desafios, que vai exigir recursos e empenho, principalmente dos governos, da academia e também do setor privado. É preciso multiplicar esforços no financiamento de pesquisa, no suporte aos empreendedores que se dedicarem a

desenvolver biocombustíveis de biomassa, gerando competitividade e conquistando a excelência na produção de briquetes, pois o Brasil tem área e condições climáticas suficientes para tal.

Sob a ótica do biocombustível, pode vir a ser um substituto parcial dos combustíveis florestais, aumentando gradualmente sua participação na matriz energética brasileira, sobretudo nos fornos da indústria ceramista, maior consumidora de lenha do Estado. A melhor opção, no momento, parece ser seguir diferentes rotas, uma delas através do uso de água residuária e tentar diferentes experiências, com tratamento oportuno para cada região/realidade.

Atualmente, a crise ambiental no Vale do Açu e no Seridó Potiguar está despertando interesse da mídia regional, com destaque para a exploração da vegetação da caatinga e o uso irracional de outros recursos ambientais. Vejamos alguns fatos relevantes que, certamente contribuirão para despertar na sociedade o interesse pelas questões ambientais que vive o Estado do Rio Grande do Norte:

- O “Jornal de Hoje”, mídia escrita da Capital, no dia 11 de março de 2013 traz dois artigos que tratam: o primeiro, da “Viabilidade econômica, social e ambiental do semiárido Potiguar”, escrito pela jornalista Verônica Pragana, e o segundo, sobre “a Crise ambiental no Vale do Açu”, escrito pelos professores Aquino e Silva, da UERN-Açu.
- Outro artigo do jornal Tribuna do Norte, escrito pelo repórter Rafael Barbosa, no dia 21 de março de 2013, aborda a questão seríssima que é o risco do desabastecimento de água no RN, já que, dos 23 reservatórios que a CAERN utiliza para o abastecimento de água, metade está com o nível abaixo de 20% do total da capacidade.
- Dia 23 de março de 2013, o Novo Jornal publica em suas páginas um artigo com assinatura do repórter Paulo Nascimento, alertando para um Futuro deserto, onde relata a grande extensão da área no estado do RN, segundo ele, 70% em processo de desertificação.
- No dia 26 de março de 2013, o colunista Sílvio Andrade faz uma resenha sobre a matéria anteriormente citada, e fala da sua indignação com o descaso das autoridades e a falta de ações no combate à desertificação, onde ressalta que o Programa Estadual de Combate à Desertificação está empalidecendo nas gavetas da burocracia.

- Este mesmo jornal, no dia 28 de março de 2013 traz um artigo intitulado “**O deserto chegará, disseram. Nada foi feito e ele chegou**”, do colunista Albimar Furtado, que retrata a falta de compromisso dos governos, nas três esferas, no que concerne às ações que minimizem as consequências da estiagem, haja vista ser um problema conhecido há séculos.

Afinal, ser sustentável é mais que um termo da “moda”, é uma exigência, não só para o poder público mas para o setor privado. Equilibrar os impactos ambientais causados nas atividades produtivas é mais do que necessário e deve ser cobrado pela própria sociedade, que também tem o dever de contribuir com a preservação ambiental.

A ciência, os livros, a história, os documentos de época, enfim, a literatura guarda na memória a preocupação com a situação da seca e do desmatamento no Nordeste do Brasil, porém, a incompetência dos governantes com relação às questões ambientais de preservação é secular, basta lembrar alguns fatos ocorridos que se vê o quão inoperante é a administração desses problemas. Relata a história que, nos idos de 1877, ano de seca no Nordeste, que dizimou milhares de pessoas, o então imperador D. Pedro II foi ao Ceará ver de perto a catástrofe e, com promessas mentirosas aludiu: “Não restará uma única joia na coroa, mas nenhum nordestino morrerá de fome”. Eis que até hoje, em pleno século 21, a história se repete e os gestores apenas tomam medidas emergenciais, assistencialistas e fazem promessas vãs, ficando cada vez mais frágeis os ecossistemas, com muitas espécies da flora e da fauna em processo de extinção, tendo como fator principal o desmatamento, e como coadjuvante, a caça predatória e a destruição dos habitats.

Fragmento textual extraído de um discurso proferido por José Bonifácio, na Assembleia Geral Constituinte e Legislativa do Império, em 1823, expressa o quão antigo é o problema da degradação no Brasil: “[...] nossas preciosas matas vão desaparecendo, vítimas do fogo e do machado destruidor da ignorância e do egoísmo; nossos montes e encostas vão-se escalvando diariamente, e com o andar do tempo faltarão às chuvas fecundantes, que favorecem à vegetação, alimentam nossas fontes e rios, sem que o nosso belo Brasil em menos dois séculos ficará reduzido aos páramos e desertos áridos da Lybia” (MEDEIROS, 2004, apud BRASIL, 2005c)

Escritores da literatura brasileira também retratam em seus livros a seca, o desmatamento, as queimadas do semiárido provocadas pelo homem e as agruras vividas pelo sertanejo, citadas no livro publicado em 1902, “Os Sertões”, de Euclides da Cunha e no da

escritora cearense, Raquel de Queiróz, “O Quinze”, cujo título se refere à grande seca de 1915, vivida por ela em sua infância onde descreve o cenário vivido pelo homem do semiárido na época da seca e que perdura até os dias atuais.

A irresponsabilidade humana para com os ecossistemas catingueiros despertou reflexões em louvado teórico nacional para a dimensão do problema, Celso Monteiro Furtado, que chegou a propor o rápido e completo despovoamento do semiárido, a fim de que a natureza pudesse se restabelecer. Esse raciocínio, com certeza, direcionou-se à busca de solução imediata para a dramática expansão de provável impossibilidade futura de se reverter o intenso processo de desertificação que se intensifica cotidianamente, trazendo múltiplos percalços para o homem e para a natureza (CARDOSO, 2007).

A insustentabilidade do bioma caatinga hoje permeia por vários caminhos, podendo ser citados alguns mais comuns:

- As políticas energéticas no Brasil voltadas, prioritariamente, para o setor de transportes, fomentando a produção de biocombustíveis líquidos;
- As políticas ambientais não priorizam a criação de unidades de conservação, sendo menos de 2% do bioma caatinga que tem esse *status*, ficando o restante totalmente desprotegido;
- As políticas de desenvolvimento rural que facilitam o acesso a terra, mas não dão subsídios para o uso sustentável da mesma;
- Falta de aplicação de novas tecnologias que levem ao uso dos recursos florestais e o desenvolvimento ambiental, social e economicamente sustentável;
- Falta de educação ambiental, na maioria das vezes praticada por causa da miséria ou, no outro extremo, pela ganância de lucros;
- Falta de investimentos em gestão ambiental, principalmente no Vale do Açu, onde o *cluster* cerâmico ainda utiliza, na maioria das empresas, técnicas ultrapassadas para queima dos produtos;
- Falta melhor investimento na aplicação dos royalties da Petrobrás, com vistas à reposição florestal, manejo correto do bioma caatinga e educação ambiental;
- Falta fiscalização efetiva dos órgãos do governo para coibir ação predatória no bioma caatinga;
- Falta organização dos ceramistas em busca de solução para mudar a fonte de energia;

- E, a mais relevante, falta consciência das pessoas de que a natureza deve ser respeitada, pois ela tem seus limites à degradação e que a espécie humana faz parte dessa natureza, portanto, tem obrigação de preservá-la.

Do ponto de vista de Silva (2012), as questões ambientais do semiárido não podem mais ser vistas separando as limitações físicas e as formas inapropriadas de uso dos recursos naturais. É necessário acrescentar na estratégia do desenvolvimento regional medidas de gestão ambiental que limitem efetivamente os processos em curso, que tornam cada vez mais intensas a degradação ambiental e a escassez de água.

## 6 CONCLUSÃO

- É possível a utilização de esgotos domésticos tratados em lagoas de estabilização na agricultura, desde que haja orientação técnica para um manejo adequado do sistema solo-planta e escolha de cultivares adaptadas às características do efluente, intensificando a produção de cultivares ao longo do ano, regularizando os estoques, uma vez que esta prática permite produzir bem no período de estiagem, reduzindo as incertezas, prevenindo o setor contra a irregularidade das chuvas (estacional e periódica) no semiárido.
- Os fatores que contribuíram para eficiência na remoção de 99,9% dos coliformes no sistema de lagoas de estabilização em Pendências foram o TDH de 22 dias, a temperatura do esgoto, o pH elevado e insolação alta (2.400-2.700 h/ano) O estado do Rio Grande do Norte precisa urgentemente de um marco regulatório para a prática do reuso e assim auxiliar os municípios na elaboração de políticas públicas, com o objetivo de alcançar eficácia ambiental, econômica e social no semiárido.
- Além do município de Pendências, outros quatro inseridos na microrregião do Baixo-Açu têm condições de adotar a prática imediata do reuso direto na agricultura, por já possuírem estação de tratamento de esgotos.
- Os gestores da região do Baixo-Açu-RN precisam, urgentemente, adotar políticas para criação de áreas de preservação ambiental (APAs).
- A variação da produção mensal de briquetes está associada ao clima sazonal seco e úmido, beneficiado na região semiárida, em virtude de ter período de chuva reduzido e sol em abundância. Na época das chuvas a lenha, concorrente do briquete, está mais úmida e as vendas do briquete aumentam.
- A região do Baixo-Açu dispõe de resíduos florestais, como a palha de carnaúba, que podem compor a base de fabricação de briquetes, dando mais segurança à produção, juntamente com capim-elefante e outras cultivares.
- A falta de plano de manejo florestal sustentável na Caatinga é um fato que tem sido responsável pela supressão da mata nativa, gerando impacto ambiental de conhecida relevância.
- É muito importante a contribuição que energias renováveis, especialmente o biocombustível briquete podem dar à inclusão produtiva, à geração de emprego e renda e manter o homem no campo.

- O capim-elefante-roxo é uma cultivar que tem um crescimento bastante elevado quando irrigado com água residuária tratada.
- 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.

#### **Recomendações para trabalhos futuros:**

- Fazer planejamento estratégico, fundamentado em estudos da degradação ambiental da caatinga, das tendências socioeconômicas e numa visão a partir da análise de cenários, debatido em todos os níveis do governo e segmentos da sociedade que vive o cotidiano no semiárido.
- Detalhamento de custos de produção de briquetes, como também que mensure a implantação de S.L.E. para tratamento de água nos outros municípios da região, assim como análise do retorno quantitativo e qualitativo em ambos os aspectos.
- Pesquisar a presença de microorganismos patogênicos no solo, para estabelecer padrões de segurança aos trabalhadores de áreas de reuso.
- Verificar a RAS em maiores profundidades, devido o sódio ter muita mobilidade.
- Testar o briquete nas diversas estruturas de fornos (paulistinha, abóbada, etc), para ver a eficiência da queima em produtos diversificados, tais como, telhas ou tijolos, ou seja, verificar a velocidade de queima em cada forno e o percentual de peças resultado de 1ª ou 2ª classe, bem como as perdas.
- Idem para os demais empreendimentos consumidores, como padarias e pizzarias.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SERIDÓ. **Diagnóstico do uso da lenha nas atividades agroindustriais do território do Seridó-RN**. Caicó: GTZ. 2007
- ALMEIDA, O.A. **Qualidade da água para irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Microbiological examination of water. **In: Standard methods for examination of water and wastewater**. Washing: APHA, AWWA, WCPF, 2005.
- ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- ANDRADE, S. As joias da coroa. **Novo Jornal**. Natal, 26/03/2013.
- AQUINO, J. R.; SILVA. R. I. A crise ambiental no Vale do Açu. **O Jornal de Hoje**. Natal, p. 2, 11 mar. 2013.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.
- BACCELLI JÚNIOR, J. Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha no Seridó-RN. 2010. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – UFRN, Natal, 2010.
- BARBOSA, R. Reservatórios de água no RN atingem níveis críticos. **Tribuna do Norte**, Natal, 21 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2013.
- BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: Workshop de Fertirrigação. **Fertirrigação: Citrus, Flores e Hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 279-291.
- BENETTI, A. D. Reuso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados. In: II Simpósio Nacional Sobre o Uso da Água na Agricultura, 2., 2006, **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. p.1-15.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- BRASIL. Resolução CONAMA N° 20/1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 jul. 1986.
- \_\_\_\_\_. **Constituição República Federativa do Brasil**. Brasília. 1988.
- \_\_\_\_\_. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9433/1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jan. 1997.

\_\_\_\_\_. Agenda 21 Nacional. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004a.

BRASIL. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca (PAN-Brasil). Brasília: MMA. 2004b.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA N° 357/05a. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA N° 54/05b. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 mar.2006.

\_\_\_\_\_. Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. MMA. SERHID. 2005c.

\_\_\_\_\_. Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil/MMA. Brasília: MMA, 2007.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA N° 420/ 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Uso sustentável e conservação da caatinga. Maria Auxiliadora Gariglio, et al. Organizadores. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA N° 430/2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 mai. 2011.

\_\_\_\_\_. **Balço Energético Nacional 2012**. Disponível em:  
<<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2012.aspx>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O Brasil em números**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_dou/default\\_resultados\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/default_resultados_dou.shtm)>. Acesso em: 17 abr. 2011

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. 2012. Falta de alternativas contribui para degradação do semiárido. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/2050-falta-de-alternativas-contribui-para-degradacao-semiarido>. Acesso em: 22 fev.2013

BUARQUE, S. C. **Construindo o Desenvolvimento Local Sustentável**: metodologia do Planejamento. Rio de Janeiro: Garamond. 2002.

BUENO, W. A.; DEGRÉVE, L. **Manual de laboratório de físico-química**. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

CARDOSO, J. R. A. Reflexões sobre o processo de desertificação no semiárido brasileiro. **Tribuna do Norte**, Natal, 25 out. 2007.

Disponível em:< <http://www.tribunadonorte.com.br/> >. Acesso em: 25 out. 2007.

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

- CAVALCANTE, R. B. **Reuso de efluente de lagoa de estabilização**: aspectos sanitários do capim e do solo. 1997. 104 p. Dissertação (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 1997.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea-RN**. Diagnóstico do município de São José do Seridó-RN. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005
- CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F.D.; CUNHA NETO, Z. B.; BARBOSA, A. P. R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 3. **Anais...**, v. 2, São Carlos, 1989. p.93-121.
- DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais sociais e jurídicos do reuso. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. V. 3, nº 3, p 4-19. 2009. Disponível em: <<http://www.revistargsa.org/rgsa/article/view/173/74>> Acesso em: 9 fev. 2013.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Drinking Water Regulations and Health Advisores**. Washingt: Office of Water, U. S. 1991.
- FABRETI, A. A. Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária)–Escola Politécnica da Universidade de SP. São Paulo. 2006.
- FEIGIN, A.; I. RAVINA; J. SHALHEVET. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag. 1991.
- FERES, P. F. D. **Os biocombustíveis na matriz energética**: possibilidades de cooperação com o Brasil. Brasília: FUNAG, 2010.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATION. **Map of the fuelwood situation in the developing countries**. Roma, 1981.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Avaliação operacional da eficiência de lagoas de estabilização no Estado do RN** (Relatório Técnico). Natal, 2010.
- FORUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Módulo 3**. Impactos, vulnerabilidade e repercussões socioeconômicas das mudanças globais do clima. 2012.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Avaliação operacional da eficiência de lagoas de estabilização no Estado do RN** (Relatório Técnico). Natal, 2010.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Avaliação operacional da eficiência de lagoas de estabilização no Estado do RN** (Relatório Técnico). Natal, 2010.
- FURTADO, A. O deserto chegará, disseram. Nada foi feito e ele chegou. **Novo Jornal**, Natal, 28 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.novojournal.jor.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2013.
- FURTADO, D. A.; KONIG, A. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 115p.

- GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 196 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília. Brasília.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.
- GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Revista Química Nova**. V. 32, nº 3, p. 582-587, 2009.
- GOMES, I. R. As novas regiões produtivas agrícolas: o caso do Baixo Jaguaribe-CE - Vale do Açu-RN. **Revista IDeAS**, Rio de Janeiro: v. 3, n. 2, p. 288-323, jul./dez. 2009.
- GOMIDE, J.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: **Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo**. p. 411-430, 1997.
- HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600p.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise & Dados**. Salvador, v.13. n. Especial, p. 411-437, 2003.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
- KELLNER, E.; PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.
- KIDDER, L. (Org.). **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1987.
- LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2007.
- LEON, S. G.; CAVALLINI, M. (1996). Tradução de: H. R. Gheyi; A. König, B. S. O. Ceballos, F. A. V. Damasceno. **Tratamento e uso de água residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999.
- LISBOA, D. Empresas buscam reduzir impactos ao meio ambiente. **O Jornal de Hoje**. Natal, p. 6, 06 jun. 2012.
- LOPES, B. A. Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes. **Anais...Viçosa**: 2004. 56p.
- LUZ, L. A. R. **A reutilização da água: mais uma chance para nós**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

- MARQUES, B. C. D. **Estudo do potencial produtivo do capim elefante sob diferentes lâminas com água residuária tratada**. 2004. 74 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.
- MEDEIROS, G. M. G. **Condições de reuso dos efluentes finais das ETEs do Estado da Paraíba**. 2007. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2007.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P.A. ; NEVES. J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, nº 4, p. 603-612, 2005.
- MELLO FILHO, L. E. **Caatinga Sertão Sertanejos**. Rio de Janeiro: Livrarte, 1995.
- METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4<sup>th</sup>. New York. McGraw Hill. 2003.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000.
- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.
- MIWA, A. C. P. Avaliação do funcionamento do sistema de tratamento de esgoto de Cajati, Vale do Ribeira de Iguape (SP), em diferentes épocas do ano. 2007. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento)–Universidade de São Paulo, 2007.
- MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. **Reuso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: UFCE. Centro de Tecnologia, 2007.
- NASCIMENTO, P. Futuro deserto. **Novo Jornal**, Natal, 23 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.novojornal.jor.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2013.
- NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- OLIVEIRA, F. E. M. **SPSS Básico para Análise de Dados**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.
- PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Fundo Editorial da SABESP. 1997.
- PASSOS, C. R. L. **Avaliação do impacto ambiental de efluentes de estações de tratamento de esgotos em corpos receptores no estado da Paraíba**. 2011. 105 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011.
- PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008.
- PRAGANA, V. A viabilidade econômica, social e ambiental do semiárido Potiguar. **O Jornal de Hoje**. Natal, p. 2, 11 mar.2013.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, no. 89, p. 100-106, 2005.

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

\_\_\_\_\_. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável Açú Mossoró-PTDRS. 2010b.

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. In: **VIII Cong. Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. Uberlândia, MG. 2009.

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 Ciências da Terra**. v. 9, nº 2, p. 55-67, 2009.

SANTOS, A. V. **Rendimento do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com água residuária tratada**. 1997. 110 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 1997.

SANTOS, A. P. R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-tifton 85**. 2004. Dissertação (Mestrado em..) ESALQ, Piracicaba, 2004.

SILVA, A. As Joias da Coroa. **Novo Jornal**. Natal, 26 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.novojornal.jor.br/>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

SILVA, F. C. (Editor Técnico) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA FILHO, P. A. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. XX F. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – UFRN. Natal, 2007.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Série BNB Teses e Dissertações. Nº 12. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2012.

SIQUEIRA, R. S. **Manual de microbiologia de alimentos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1995.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G (coordenadores). **Reúso da Água: conceitos, teorias e práticas**. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2007. 311p.

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

Disponível em: <<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos>>. Acesso em: 9 nov.2011.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES M.S. (editor). **Nutrição Mineral de Plantas**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v.1. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

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

## APÊNDICE

### Modelo do instrumento da pesquisa

Município:

Tipo de atividade -

Nome do empreendimento \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) feminino ( ) masculino - Grau de instrução \_\_\_\_\_

1. Qual o tipo de energia utilizada na sua atividade? ( ) lenha ( ) elétrica ( ) carvão
2. Utiliza outro tipo de material para queima? \_\_\_\_\_. Qual? (casca de castanha; pó-de-serra).
3. No caso da lenha, quantos m<sup>3</sup>/cargas de lenha são gastos por semana? Custo do m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_
4. Você sabe qual a árvore mais utilizada para lenha? \_\_\_\_\_
5. Sabe que a caatinga é um tipo de vegetação exclusivamente do Brasil? ( ) sim ( ) não
6. Tem consciência que o bioma caatinga está desaparecendo? ( ) sim ( ) não
7. Sabe se sua atividade está contribuindo para desaparecimento da caatinga? ( ) sim ( ) não
8. Utilizaria uma fonte alternativa de energia menos nociva a caatinga ( ) sim ( ) não
9. Mesmo que fosse mais cara que a atual? ( ) sim ( ) não
10. Quais atividades da região demandam muito uso de lenha? \_\_\_\_\_
11. O custo da lenha aumentou devido a dificuldade de encontrá-la? ( ) sim ( ) não
12. Você vê a necessidade de mudar sua fonte de energia? ( ) sim ( ) não
13. Conhece a lenha ecológica, o briquete? ( ) sim ( ) não
14. Substituiria a lenha pelo briquete? ( ) sim ( ) não
15. Sabe o que é reuso de água? ( ) sim ( ) não
16. Deixaria de usar lenha para utilizar o briquete ( ) sim ( ) não

## ANEXOS

### PROJETO CAATINGA VIVA

**Título:** Difusão de tecnologias de adensamento lignocelulósico como fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e a conservação da biodiversidade do bioma caatinga da região do Baixo-Açu/RN.

O Projeto foi aprovado pela Petrobrás, em parceria com a ONG Carnaúba Viva, ANEA, IFRN, EMBRAPA e a CAERN, para difusão de tecnologias de adensamento lignocelulósico, como fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e a conservação da biodiversidade do bioma caatinga na microrregião do Baixo-Açu no Estado do Rio Grande do Norte, no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2012, sendo o valor do investimento de R\$ 3.342.275,73. Tem como objetivo principal a implantação de uma usina de briquetes com capacidade de fabricação anual de 4.680 toneladas em uma das áreas mais suscetíveis do Brasil ao processo de desertificação.

Nessa região, a população local utiliza de forma irracional os recursos madeireiros provenientes da caatinga como a principal fonte de combustível energético para queima em fornos e fogões, tanto domésticos como industriais. A capacidade fabril dessa usina equivaleria a 362.628 m<sup>3</sup> de lenha o que corresponde a exploração equivalente a 403 hectare/ano da caatinga. Devido à baixa resiliência da vegetação (em torno de 15 anos) representaria uma não exploração, e conseqüentemente, a conservação de uma área correspondente a 6.044 ha do bioma. A biomassa para a fabricação dos briquetes está prevista para ser produzida por grupos de agricultores e extrativistas (carnebeiros) locais. A fábrica de briquetes será implantada no Campus agrário do IFRN, em Ipanguaçu, onde uma cooperativa dos agricultores rurais e extrativistas da carnaúba formará uma empresa incubada dentro do Instituto, e participarão diretamente na gestão da usina e na cadeia de biomassa para produção de briquetes.

Será estimulado o plantio de 60 ha de capim elefante feito com reuso de água da estação de tratamento de esgotos (ETE) de Pendências/RN, bem como o replantio de 100 ha do bioma caatinga e o aproveitamento dos resíduos da palha da carnaúba extraída pelos carnebeiros.

Dessa maneira, a ONG Carnaúba Viva, juntamente com a EMBRAPA, o IFRN, a ANEA e a CAERN, juntam esforços e conhecimentos específicos para implementar na região uma verdadeira revolução no modo de produção energética, conservando seu bioma e transferindo tecnologias não só para a comunidade envolvida diretamente com o problema, como para os técnicos que atuam na região, podendo os resultados dessas ações serem replicados nos demais estados da região do semiárido nordestino. A Companhia de Águas e esgotos do RN (CAERN) é importante parceira no projeto, pois testará em escala real o polimento final de suas águas residuárias da estação de tratamento de esgotos (ETE) em Pendências/RN, na produção de biomassa para produção de briquetes, podendo ser repassada a todas as ETES do estado.

### JUSTIFICATIVA DO PROJETO CAATINGA VIVA

A utilização de florestas como fonte de energia é tão antiga quanto à história da humanidade. Desde os primórdios da história da civilização, a vegetação se constitui como uma fonte energética, sendo utilizada em atividades domésticas e, posteriormente em atividades manufatureiras e industriais. O Rio Grande do Norte apresenta um quadro de forte dependência social e econômica em relação ao recurso florestal, principalmente nas microrregiões, como a do Seridó e Baixo-Açu, que possuem parques industriais cerâmicos. A biomassa oriunda, na sua maior parte de matas nativas, fornece energia para 35% do parque industrial do estado e é sua segunda fonte de energia com uma participação de 30% da sua matriz energética. Contudo, a exploração florestal com essa finalidade ainda utiliza-se de técnicas extremamente rudimentares que proporciona uma pressão sobre o meio ambiente, afetando diretamente as espécies vivas que habitam esses espaços. Convém destacar que, o desmatamento acelerado da caatinga coloca em risco a sua biodiversidade e a sobrevivência das camadas da população que dependem do potencial de seus recursos naturais para sobreviverem.

Nos últimos anos a região do Baixo-Açu (RN) vem apresentando um aumento expressivo de estabelecimento de novos empreendimentos como panificadoras, carvoarias, queijarias, caieiras, atividades ceramistas, torrefação e moagem de alimentos, fabricação de artesanato, entre outras, que

exploram de forma descontrolada o meio ambiente e em especial a vegetação nativa. Essas atividades, em sua maioria, utilizam a lenha das florestas como principal fonte energética em seus processos.

Considerando a classificação estabelecida no “Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação da Seca – PAN Brasil (MMA, 2004), o Rio Grande do Norte apresenta 51.519,01 km<sup>2</sup> e seu território incluído nas áreas susceptíveis a desertificação (97,6%). Desse território, 48.706,01 km<sup>2</sup> são áreas classificadas como semiáridas, nas quais estão inseridos os municípios de Açu, Ipanguaçu, Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue que totalizam uma área territorial de 4.670,29 km<sup>2</sup>.

Outro importante fator de degradação ambiental dessa região está no lançamento de efluentes domésticos brutos ou tratados nos corpos hídricos. No RN cerca de 90% das 78 estações de tratamento de esgoto implantadas em 51 municípios são constituídas por lagoas de estabilização e deste total, cerca de 15% (12 ETEs) têm como configuração o sistema de lagoas facultativas do tipo primária (SILVA FILHO et al, 2006). O lançamento desses efluentes constitui o principal fator do processo de eutrofização, cuja principal consequência é a floração de elevadas densidades de cianobactérias produtoras de cianotoxinas tóxicas aos seres humanos e animais. Na área do Baixo-Açu, a maior parte do descarte de efluentes ocorre no leito de rios, o que tem alterado significativamente a qualidade da água bruta, com influência direta na saúde da população.

Dessa forma, a importância sócio-econômica e ambiental da caatinga justifica programas, planos, projetos e ações governamentais em parceria com organizações da sociedade civil, no sentido da utilização sustentável dos seus recursos, imprescindíveis ao desenvolvimento dessa região com a missão de adaptar, mitigar e combater a desertificação e os efeitos da seca, promovendo a convivência da população desses espaços geográficos.

De maneira que as ações de educação ambiental, o reuso agrícola de efluentes tratados e a substituição da matriz energética utilizada pelas indústrias ceramistas, entre outras existentes na região, se constituem como alternativas eficazes para reduzir gradativamente os impactos antrópicos provocados sobre o meio ambiente e suas repercussões negativas sobre a população residente nesse espaço. De acordo com dados do IBGE, na região do Baixo-Açu a produção de lenha e carvão vegetal no ano de 2008 foi de 24.821 m<sup>3</sup> e 96 toneladas, respectivamente. Deste quantitativo, em média 90% é usado pela atividade ceramista, sendo o restante em atividades domésticas e manufatureiras da população local (padarias, pizzarias, caieiras etc). Segundo PAE/RN (2010) a região consumiu nos últimos 17 anos cerca de 2.889.859 m<sup>3</sup> de lenha. Considerando que a comunidade implante um programa de exploração racional da cobertura florestal para fins energéticos sugeridos pelo IBAMA/RN (2000), onde se calcula uma extração média de 60 m<sup>3</sup>/ha a cada 15 anos, esse consumo corresponde em média a uma área devastada de 28.331 km<sup>2</sup> (54% da área total do RN).

O projeto propõe a instalação de uma fábrica para produção de briquetes com capacidade anual de 4.680 toneladas. Como o rendimento médio dos produtos da briquetagem, e de 4,6 a 7 vezes maior do que os produtos oriundos da lenha, a produção anual se equivaleria a 362.628 m<sup>3</sup> lenha, o que corresponde a exploração de 403 ha/ano, no qual, devido a baixa resiliência da vegetação (em torno de 15 anos), isso representaria uma não exploração e conseqüentemente a conservação de uma área correspondente a 6.044 hectares do bioma caatinga no período. A biomassa a ser fornecida pela fábrica de briquetes será produzida por grupos de agricultores e extrativistas carnaubeiros locais.

Como parte de um processo de gestão ambiental participativa, os produtores rurais, carnaubeiros e todos os atores da área de estudo e das regiões vizinhas serão envolvidos diretamente nas ações previstas para o projeto, participando das decisões técnicas quanto à adaptação de tecnologias e práticas, e atuando diretamente nas ações de validação, tendo como base a adequação das relações de consumo dos recursos naturais versus uso sustentável.

Segundo a PAE/RN (2010), a região do Baixo-Açu está situada em área suscetível ao processo de desertificação e atualmente apresenta graves quadros de degradação ambiental provenientes do uso desordenado dos recursos florestais, hídricos e edáficos. Por estes motivos essa microrregião foi escolhida para implantação do projeto denominado “Difusão de tecnologias de adensamento lignocelulósico” como fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e a conservação da biodiversidade do bioma caatinga da região do Baixo Açu.