

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
TAINAH MADUREIRA REGUEIRA**

**COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DE DOIS
MODELOS DE FOGÃO A LENHA E SEUS IMPACTOS
SOBRE O DESMATAMENTO DA CAATINGA**

**RECIFE
2010**

TAINAH MADUREIRA REGUEIRA

**COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DE DOIS
MODELOS DE FOGÃO A LENHA E SEUS IMPACTOS
SOBRE O DESMATAMENTO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: MSc. Luís Cláudio Mattos

Co-orientador: Prof. Dr. Rômulo S.Cezar Menezes

**RECIFE
2010**

Regueira, Tainah Madureira

Comparação entre a eficiência de dois modelos de fogão a lenha e seus impactos sobre ao desmatamento da caatinga / Tainah Madureira Regueira. – Recife: O Autor, 2010.

26 folhas : il., tab.

Orientadores: Luís Cláudio Mattos e Rômulo S. Cezar Menezes.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Bacharelado em Ciência Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Madeira como combustível – Afogados da Ingazeira (PE) 2. Fogões a lenha – Afogados da Ingazeira (PE) 3. Recursos naturais renováveis I. Título.

333.95397 CDD(22.ed.)

**UFPE
CCB – 2010- 238**

TAINAH MADUREIRA REGUEIRA

**COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DE DOIS
MODELOS DE FOGÃO A LENHA E SEUS IMPACTOS
SOBRE O DESMATAMENTO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas com ênfase em Ciências
Ambientais, da Universidade Federal de
Pernambuco, como parte dos requisitos à
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Data de Aprovação: ____/____/____

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA:

MSc. LUÍS CLÁUDIO MATTOS (Orientador)

Prof^a. Ph.D. JARCILENE S. ALMEIDA-CORTEZ (1^a Titular)
Departamento de Botânica - UFPE

MSc. MARCELINO DE SOUZA LIMA (2^o Titular)

MSc. EMMANUEL DAMILANO DUTRA (Suplente)

RECIFE
2010

AGRADECIMENTOS

A meus pais pelo apoio durante os anos na universidade, pela educação proporcionada, os cuidados e carinhos e os ensinamentos que levo comigo para a vida;

A meu irmão sempre disposto a ajudar, e pelo contato feito com o GEF/IBAMA;

Ao orientador, Luís Cláudio, pela paciência, atenção, confiança e seus ensinamentos diários; e ao co-orientador, Rômulo Menezes, pelas idéias dadas para a realização do experimento;

A Nielsen Gomes do Projeto Dom Helder pela atenção, as ajudas durante a realização do trabalho com dados e questionamentos e seus ensinamentos;

A equipe da Unidade Gerencial do Projeto Dom Helder Camara (PDHC), pelo apoio para a realização do trabalho, ensinamentos durante os dois anos de estágio e conversas diárias, principalmente com a equipe do Projeto Sertão;

A Unidade Local de Supervisão do Sertão do Pajeú do PDHC, pelo apoio e ajuda durante a realização dos testes;

A Francisco Campello do GEF/IBAMA por ceder o ecofogão para a aprimoramento do método do teste em Recife e pelos materiais didáticos;

Aos professores que participaram do meu crescimento durante esses anos, Lucivânio Jatobá, Clóvis Cavalcanti, Roberto Botelho, Laura Mesquita, Jarcilene Cortez, Vantuil, Luciana Ianuzzi;

Aos amigos da turma inicial 2006.02 pela força para enfrentar os momentos de dificuldades, pelos momentos de estudo, de brincadeiras, das viagens com a universidade, Bruno, Victor, Allan, Mari, Leide, Iraci, Raquel, Marli, Léo, Jadson, Carlos;

As amigas Camila e Marina, pela companhia diária, apoio nos momentos difíceis, risadas e estudos;

A Paula pela companhia também diária, conselhos nos momentos de dúvidas, conversas, estudos e não esquecendo das caronas durante esse tempo;

As famílias visitadas para a realização do trabalho, em especial, Dona das Dores e sua família pela paciência e ajuda durante a realização do teste.

RESUMO

O uso da lenha tem sido uma das causas do desmatamento na região semiárida do Brasil. Apenas 20% da lenha consumida na região vêm do manejo sustentável. Além disso, o uso de fogões a lenha traz consequências para a saúde das mulheres, principalmente quando esses apresentam baixa eficiência. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, por ano, as doenças respiratórias causadas pela fumaça são responsáveis pela morte de milhões de crianças e mulheres em todo o mundo. O Projeto Dom Helder Camara do Governo Federal Brasileiro, com o apoio do Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura (FIDA) e o Fundo para o Meio Ambiente (GEF), dá assistência às famílias agricultoras nas comunidades e assentamentos da região semiárida, promovendo o uso sustentável dos recursos renováveis, o desenvolvimento regional e a superação da pobreza rural. Uma das iniciativas é a disseminação de modelos de fogões a lenha mais eficiente. Este estudo visa comparar o modelo do ecofogão com o modelo convencional estimando a redução do uso de lenha, oferecendo uma base confiável para estimar os impactos ambientais e a saúde da família em Afogados da Ingazeira, Sertão do Pajeú, Pernambuco. As hipóteses verificadas no trabalho são: i. o consumo de lenha no ecofogão é menor que no fogão convencional; ii. o ecofogão produz menos fumaça; iii. o ecofogão é mais eficiente na conversão de energia da lenha, e, iv. utiliza-se lenha secundária no ecofogão com a mesma eficiência. O teste consistiu em pesar certa quantidade de lenha antes e depois da evaporação total de 300 ml de água. A diferença entre a lenha inicial e a final é a lenha consumida. Além disso, o tempo para o início da ebulição e o tempo total para a evaporação. A eficiência foi calculada com base na estimativa do calor produzido pela quantidade de lenha que era usado contra o calor necessário para ferver e evaporar a água. Os resultados demonstraram um aumento na eficiência de 64% no ecofogão comparado com o fogão convencional. Além disto, os resultados indicaram que o ecofogão usou entre 53 e 57% menos lenha que o fogão convencional. Como consequência, reduziu o trabalho de coletar e armazenar a lenha em casa. Os depoimentos dos familiares referem que o ecofogão pode trabalhar com vegetação secundária, resto de madeira e materiais alternativos como sabugo de milho. Também foi visível que o ecofogão produz menos fumaça do que o normal. Então, é possível concluir que a disseminação desse modelo de

fogão na região semiárida pode gerar impactos positivos para o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida das famílias rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável, semiárido, biomassa, fogão eficiente.

ABSTRACT

The use of firewood has been one of the main causes of the deforestation in the Brazilian Semiarid Region. Only 20 per cent of firewood in the region came from sustainable managed sources. Additionally, the use of firewood has consequences for the women's health because the indoor cooking, specially when the oven are inefficient. According to the World Health Organization, each year, the respiratory diseases caused by smoke are responsible for millions of death among women and children across the world. The Dom Helder Camara Project of Brazilian Federal Government, with support of International Fund for Agriculture and Development (IFAD) and the Global Environment Facility (GEF), has assisted families in communities and settlements from the semiarid region, promoting the sustainable use of natural resources, the regional development and the overcoming of rural poverty. Its portfolio of initiatives includes the dissemination of a more efficient model of oven (eco-oven). This study aimed to compare this model eco-oven with the regular model estimating the reduction of firewood use, offering a reliable base to estimate the impacts over the environment and family's health in Afogados da Ingazeira, Sertão do Pajeú Pernambuco. The main hypotheses tested were: i. the use of firewood in the eco-oven is lower than regular oven; ii. eco-oven produces less pollution; iii. eco-oven is more efficient in converting to heat the firewood energy; and, iv. eco-oven may use secondary firewood with the same efficiency. The tests consisted in weighing a certain amount of firewood before and after a total evaporation of 300 ml of water. The difference between initial and remaining firewood is the amount used. Moreover, the times lasted to the start of the ebullition and to the total evaporation were. The efficiency was calculated based on the estimation of the heat produced by the amount of firewood that was used, against the heat required to boil and evaporate the water. The results have shown an increasing efficiency of 39 percent in the eco-oven comparatively with the regular oven. Furthermore, the results indicated that the eco-oven used between 53% to 57% less firewood than regular oven. As consequence it reduced the work to collect and store the firewood at home. The testimonies of the family members refer that eco-oven can work with secondary vegetation, rests of wood, and alternative materials as corncob. It was also visible that eco-oven produces less indoor smoke than the regular one. Therefore, it is

possible to conclude that the dissemination of this model of eco-oven in the Semi-arid Region could generate positive impacts for the environment and improve the quality of life for the rural families.

KEY WORDS: Renewable energy, semiarid, efficient oven, biomass.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Consumo de lenha durante os três experimentos em cada modelo de fogão.....	14
Tabela 2	O tempo para o ponto de ebulição da primeira panela em cada fogão	15
Tabela 3	O tempo para total evaporação (min) da água em cada experimento.....	15
Tabela 4	A quantidade total de água evaporada nas panelas em cada fogão	16
Tabela 5	Quantidade de calor consumida pelas panelas para atingir o ponto de ebulição e para evaporar a água e quantidade de calor liberado pela lenha em ambos os fogões	17
Tabela 6	Eficiência em diversos modelos de fogão a lenha	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Consumo por fontes de energia de 1975 a 2009 no setor residencial.....	4
Figura 2 Mapa do bioma Caatinga, contendo a distribuição espacial das áreas com vegetação (verde), desmatamento acumulado até 2008 (marrom) e corpos d'água (azul)	7
Figura 3 Caracterização da área total da Caatinga dos anos de 2002 e 2008	7
Figura 4 Modelos de fogão utilizado no trabalho	10
Figura 5 Mapa da Região do Pajeú – PE	12
Figura 6 Caixa utilizada pela família para armazenar a lenha. As dimensões 0,3 x 0,4 x 0,5 m, com duração de três dias	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
<i>3.1 ÁREA DE ESTUDO</i>	<i>11</i>
<i>3.2 COLETA DE DADOS</i>	<i>12</i>
<i>3.3 ANÁLISE DE DADOS</i>	<i>13</i>
4. RESULTADOS	14
<i>4.1 QUANTITATIVOS</i>	<i>14</i>
<i>4.1 QUALITATIVOS.....</i>	<i>18</i>
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	23
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA	24

1. INTRODUÇÃO

A utilização da combustão de biomassa, em especial a lenha e o carvão vegetal, é uma das alternativas energéticas mais antigas e difundidas da humanidade para a cocção de alimentos (MORAES; MARTINS; TRIGOSO, 2007). Nos países em desenvolvimento, a maioria da população residente em áreas rurais utiliza biomassa, especialmente lenha, como a principal e mais acessível fonte de combustível doméstico para cozinhar, aquecer água e o interior das residências (OSEI, 1993; KERSTEN et al. 1998; BHATT & TOMAR, 2002; PARIKKA, 2004; SAGAR & KARTHA, 2007).

Até o século XIX, o consumo de energia cresceu de maneira lenta com base no uso da lenha e seus derivados (ACIOLI, 1994). Entre 1970 e 2008 o consumo residencial de lenha obteve uma queda de 86,5% para 33,9% (EPE, 2009). Segundo Sampaio e Gamarra-Rojas (2002), as produções de lenha e carvão decresceram nos últimos anos podendo esta tendência continuar e até acelerar, com a substituição da lenha pelo Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Apesar da substituição de lenha por GLP nas áreas rurais, percebe-se que o consumo energético dos recursos florestais continuará exercendo participação nos domicílios rurais, em virtude da oferta e da funcionalidade econômica (PNUD,1995).

Os países desenvolvidos e em desenvolvimento estão intensificando o uso de fontes renováveis de energia para mitigação dos efeitos nocivos ao ambiente gerado pelos gases oriundos da queima de combustíveis fósseis (PARIKKA, 2004). Essa intensificação por fontes renováveis de energia se dá também pela capacidade de reposição natural enquanto as fontes não renováveis poderão, com o uso intensivo, sofrer esgotamento.

Os fogões a lenha convencionais utilizados na zona rural apresentam uma baixa eficiência energética, pois possuem um aproveitamento incompleto da madeira, gerando a emissão de gases e partículas poluentes para o ambiente ao redor do fogão e para atmosfera. Ocorrendo um maior consumo de lenha já que o aproveitamento do calor não é completo e a queima ocorre mais rapidamente.

A emissão de gases e partículas poluentes, dos fogões convencionais a lenha e a carvão, gera uma poluição que provoca doenças como: insuficiência respiratória, doenças oftalmológicas, bronquite crônica e outras. Essas doenças respiratórias causam a morte de milhares de pessoas por ano (OMS, 2004).

Motivados por uma preocupação ambiental e de saúde pública, a partir da década de 80, em praticamente todos os continentes do mundo, em especial nos países em desenvolvimento, foram criados programas governamentais e não governamentais de desenvolvimento e disseminação de fogões de queima mais limpa e eficiente (SAGA, 2004). No Brasil, o estudo e primeiro protótipo em argila dessa tecnologia foi desenvolvido em 1992 nas comunidades de Mocambo e Caburi, no município de Parantins/AM (MARTINS et al., 1992).

Com essa tecnologia ainda não difundida e sem eficiência suficiente nos fogões, um engenheiro florestal, criou um modelo de fogão. Tal modelo foi desenvolvido em Honduras e Nicarágua de acordo com as necessidades desses locais. Esse fogão possui uma tecnologia de combustão americana chamada “Rocket Stove”. A câmara de combustão é feita de cerâmica revestida por um isolante térmico, esse isolante pode ser de lã de rocha ou fibra de vidro. Existe uma chaminé, com cerca de 2 metros, fazendo com que a pequena fumaça produzida pelo fogão seja toda jogada para fora da casa. Esse fogão chamado “ecofogão” é comercializado e patenteado por uma empresa mineira Ecofogões – *Fogões a Lenha Ecológicos*¹.

O Projeto Dom Helder Camara (PDHC), uma iniciativa do governo federal, com apoio do FIDA e GEF, visa através da agroecologia, promover o desenvolvimento sustentável territorial das famílias agricultoras que vivem no semi-árido nordestino. Assim o PDHC, juntamente com as entidades de assessoria técnica permanente (ATP), estão implantando esses fogões ecológicos no sertão do Pajeú para famílias agricultoras interessadas e que fazem uso desse tipo de energia para cocção.

Para a produção de lenha e carvão, anualmente realiza-se o corte raso de milhares de hectares de vegetação, com efeitos sobre a biodiversidade, ainda não conhecidos. Sabe-se que a utilização da biomassa vegetal como lenha é o principal motivo da alta taxa de desmatamento (VASCONCELOS SOBRINHO, 1949). Com a instalação desses fogões ecológicos, descrito acima, espera-se diminuir o consumo de lenha e conseqüentemente a diminuição no desmatamento da Caatinga nas áreas em que estão sendo instalados.

As hipóteses subjacentes à instalação dos ecofogões são de que:

- i. O uso de lenha nos ecofogões é menor que nos fogões convencionais;
- ii. O ecofogão produz menos poluição;

¹ www.ecofogao.com

- iii. Ecofogão é mais eficiente na conversão de energia da lenha;
- iv. Ecofogão pode usar lenha secundária com a mesma eficiência;
- v. Menor consumo de lenha, economia de tempo e esforço físico da família;
- vi. Diminuição do consumo de lenha e de outros tipos de energia gera uma economia financeira para a família;
- vii. Menor consumo de lenha, gera uma diminuição no desmatamento; e,
- viii. Aumento da eficiência energética do fogão leva a diminuição do tempo para cozimento do alimento.

O trabalho consistiu na comparação entre dois modelos de fogões a lenha, sendo um convencional e um eficiente. Tendo como objetivo principal, a partir de um estudo em duas comunidades do Sertão do Pajeú, contribuir para aprimorar as atividades de campo e a geração de benefícios para as famílias e para o meio ambiente com a instalação do ecofogão, em toda a região semiárida.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A lenha sempre foi uma importante fonte de energia para a humanidade. Com os avanços da tecnologia a lenha passou a ser substituída por combustíveis fósseis pelas sociedades em desenvolvimento. Porém a biomassa é uma das fontes de energia com melhores perspectivas para o futuro, por se tratar de uma fonte renovável (BITTENCOURT, 2005).

Existem dois conceitos relacionados à biomassa como fonte de energia, o da **renovação** e o da **sustentabilidade**. A renovação é uma característica da fonte de energia, enquanto a sustentabilidade é a forma como ocorre o manejo dessa fonte (UHLIG, 2008). Segundo o autor, a biomassa da madeira figura entre o que se pode considerar como energia renovável. Por sua vez a sustentabilidade ocorre quando a reposição pela natureza é mais rápida do que a taxa de sua utilização. Isso ocorre sempre que o manejo efetuado pelo ser humano é feito de forma compatível com sua capacidade de reposição. Dessa forma a sustentabilidade de algumas fontes renováveis depende do manejo efetuado. São consideradas fontes de energia renováveis: solar, eólica, bicomustíveis, biomassa e outros. Segundo Bacchi (2006), a energia renovável mundial representa 20% do consumo total de energia, sendo 14% vindo da biomassa.

A biomassa é o material orgânico, não-fóssil, que possui energia química no seu interior, incluindo as vegetações aquáticas e terrestres, lixo orgânico, resíduos da agricultura, esterco de animais e outros restos industriais (OMACHI, 2004). Encontra-se no padrão de energia renovável, podendo ser sustentada dependendo da forma que seja manejada (REIS, 2005). A transformação da biomassa em energia ocorre por diferentes processos. Os diferentes processos de transformação do material da biomassa em energia podem ser a combustão, fermentação, gaseificação e outros. O processo de combustão é o processo de calor da madeira, sendo esse o processo ocorrente na lenha.

A lenha é ainda uma opção muito usada para cozimento pela população de baixa renda por ter um baixo custo de aquisição, comparado ao GLP (gás liquefeito de petróleo) e por ser de fácil acesso para quem vive próximo à mata. Contudo, com base nos dados da EPE, a lenha vem perdendo espaço para o consumo crescente de derivados de petróleo (GLP) e gás natural. O aumento do consumo de derivados de petróleo e gás natural se deve à facilidade e praticidade na utilização dessa fonte.

O GLP em 1970 possuía 5,6% do seu consumo nas residências. Em 2008 apresentou um aumento para 26,5% do seu consumo (Figura 1). Nesse período é notório o aumento no consumo do GLP nas residências e a redução no consumo da lenha. (EPE, 2010).

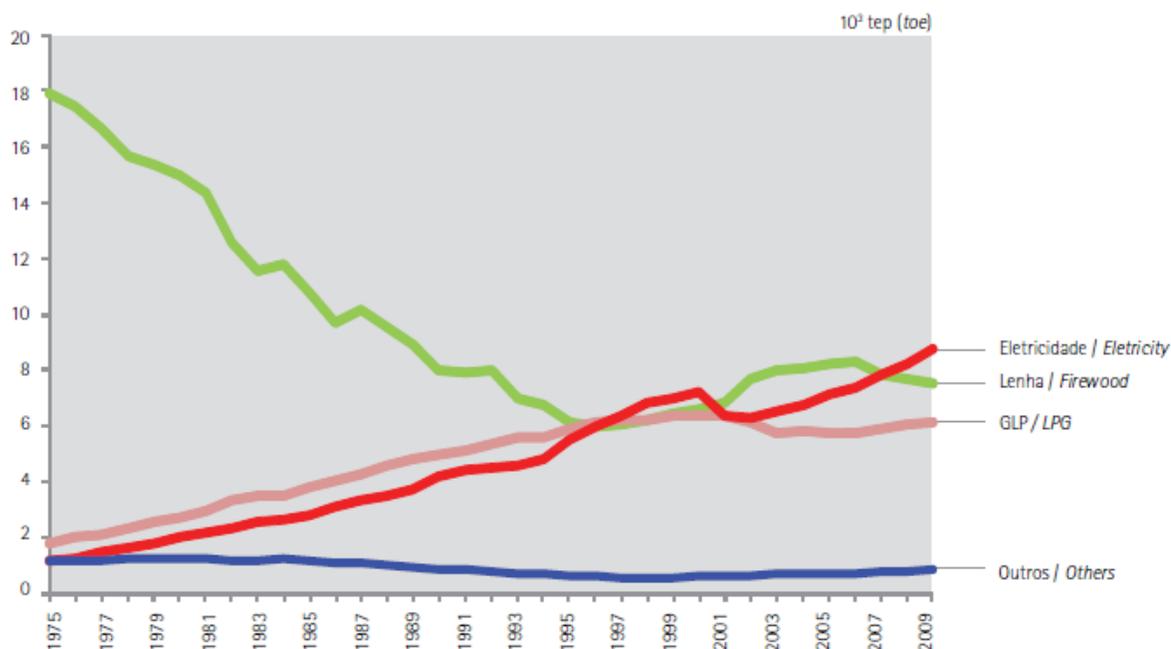


Figura 1: Consumo por fontes de energia de 1975 a 2009 no setor residencial. Fonte: EPE, balanço energético 2010.

Apesar desse aumento no consumo do GLP, a lenha ainda possui maior importância que o GLP e o seu consumo é maior que de combustíveis fósseis nas residências no Brasil. Porém para a lenha continuar a ser mais consumida que o GLP é necessário incentivo, dada a sua importância de ser uma energia de fonte renovável. Esse incentivo se deve, segundo dados do EPE, ao consumo de biomassa nas residências em 2000 representar 17,2% e em 2009 o consumo de biomassa nas residências representou 12,2% da energia total consumida. Demonstrando a diminuição no consumo de energia renovável pelas residências no Brasil.

No Brasil, cerca de, 8,5 milhões de domicílios utilizam fogão a lenha, sendo apenas na região do nordeste 3,6 milhões de domicílios. Sendo a maior concentração na região nordeste, onde 42% dos domicílios que utilizam fogão a lenha estão localizados.

A utilização de lenha no setor residencial é quase exclusivamente para a cocção de alimentos e para o aquecimento das residências em regiões frias. A energia utilizada para a cocção representa mais de 96% do consumo total de energia útil residencial na classe de renda inferior (e 55% na superior), demonstrando que quase toda a energia consumida pela classe mais pobre destina-se à cocção de alimentos (AROUCA, 1983).

No Nordeste Brasileiro, a utilização dos produtos florestais é predominantemente energética, para produção de lenha e carvão vegetal. No setor domiciliar, o uso desses energéticos destina-se à cocção dos alimentos, e nos setores industrial e comercial, o uso é relacionado às etapas de secagem e queima no processo produtivo. (MMA, 2007)

A caatinga tem sido a principal fonte de madeira para combustível, mas sem condições de garantir este recurso em longo prazo no futuro (BRITTO, 1986). A vegetação deste bioma é a segunda maior fonte de energia consumida, representando entre 30% e 50% da energia primária do Nordeste (CAMPELLO et al. 1999). Cerca de 80% da madeira colhida, é consumida como fonte de energia, sendo o seu consumo como energia o setor gerador da maior pressão extrativista do nordeste (BRITO, 1997; SAMPAIO e GAMARRA-ROJAS, 2002).

A utilização de lenha no semiárido ocorre principalmente com espécies nativas da Caatinga, destacando-se o consumo do angico (*Anadenanthera macrocarpa*), o angico de bezerro (*Piptadenia obliqua* (Pres.) Macbr.), a catingueira rasteira (*Caesalpinia microphyla*), o sete-cascas (*Tabebuia spongiosa*), a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Engl.), a baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret), pau d'arco (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.), a catingueira verdadeira rasteira (*Caesalpinia pyramidalis*

Tul.), o sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e a umburana (*Commiphora leptophloeos* Engl.) (DRUMOND, 2000). A preferência da utilização dessas espécies como fonte energética deve-se ao seu alto poder calorífico e a sua larga existência nesse bioma. Porém o seu uso tem-se tornado difícil pela diminuição do número dessa vegetação na região.

De acordo com o IBGE, a Caatinga possui uma área, de aproximadamente, 826.411 km². A Caatinga ocupa basicamente a região nordeste do Brasil representando cerca de 10% da área do país e 70% da região nordeste. O clima predominante nesse bioma é o semiárido, apresentando um regime de chuvas irregular. A maior parte da chuva, ocorrente nessa região, é concentrada durante três meses consecutivos do ano, permanecendo os demais meses do ano secos. A vegetação é constituída, especialmente, de espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte.

Este ecossistema apresenta um histórico de uso inadequado de suas terras, com a transformação de matas nativas em campos agricultáveis, em extensas áreas para a pecuária, entre outros usos. A exploração dos recursos vegetais no semiárido ocorre por meio do fornecimento de frutos comestíveis, forragem, lenha, carvão, madeira para cerca, artesanato e muitos outros (MENDES, 1997). Segundo Kumazaki (1992), o impacto da pressão antrópica sobre remanescentes florestais é maior em pequenas áreas florestadas, muitas vezes tornando difícil a sua conservação.

Atualmente a caatinga apresenta 61.154,4 km² protegidos por unidades de conservação, representando 7,4% de sua área total, sendo 1% de unidades de conservação de proteção integral e 6,4% de unidades de conservação de uso sustentável (MMA, 2010).

A caatinga teve sua cobertura vegetal original e secundária reduzida de 460.063 km² para 443.121 km² entre os anos de 2002 e 2008. Tais números representam uma redução de 2% na vegetação durante esse período, significando que houve uma redução de 16.576 km² na área. A taxa anual média do desmatamento desse bioma é de 2.763 km²/ano, representando 0,33% da área desmatada anualmente (Figuras 2 e 3) (MMA, 2010).



Figura 2.: Mapa do bioma Caatinga, contendo a distribuição espacial das áreas com vegetação (verde), desmatamento acumulado até 2008 (marrom) e corpos d'água (azul). Fonte: MMA, 2010

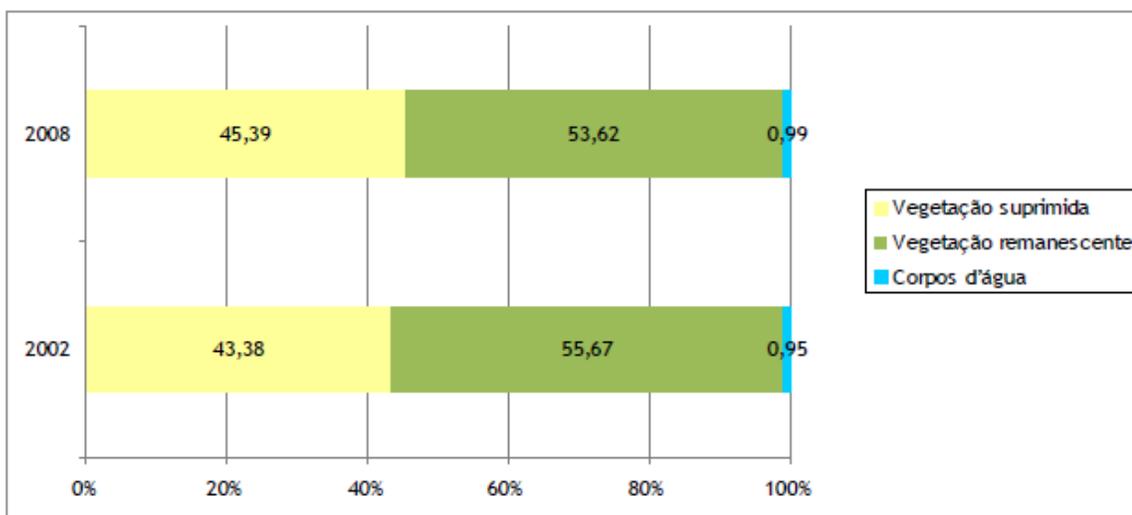


Figura 3.: Caracterização da área total da Caatinga dos anos de 2002 e 2008. Fonte: MMA, 2010.

O principal motivo do desmatamento desse bioma é a utilização da madeira como fonte de energia, onde é retirada a mata para o uso de lenha e carvão ou aproveita-se o material retirado da área desmatada para outros fins. O segundo maior motivo do desmatamento é a utilização da área para a agropecuária, a mata local é retirada para plantação e criação de animais. Segundo Campello et al. (1999), apenas 3% dessa lenha é manejada corretamente, onde a lenha é retirada de forma sustentável respeitando a taxa de regeneração da mata. A maior parte da lenha consumida na região é obtida por desmatamento a corte raso, onde não ocorre o manejo adequado. Dessa forma a utilização de lenha e carvão nessa região não ocorre de forma sustentável.

Segundo Campello et al. (1999), a lenha é o segundo componente mais consumido na matriz energética da região, sendo representado por 33% do consumo. O setor industrial e comercial consome, por ano, 25,1 milhões st. O consumo domiciliar anual de lenha é 36,2 milhões st. Isso gera um consumo total de 61,3 milhões de estéreos por ano, e o setor residencial é responsável por 59% desse consumo total (RIEGELHAUPT, 2010).

Segundo Vasconcelos Sobrinho (1949) para uma produção média de 250m³/ha da caatinga, devastava-se uma área de 49.001 ha/ano das reservas existentes, sabendo-se que Pernambuco possui uma área de 99.000 km², anualmente eram explorados 0,44% da sua área total, assim a vegetação será totalmente retirada em 230anos.

O estado de Pernambuco com 81.141 km² de área de caatinga teve 2.204 km² de sua área antropizada entre 2002 e 2008, representando 0,27% da área do bioma da caatinga no Nordeste e 2,72% da área do bioma da caatinga do estado de Pernambuco. A área antropizada antes de 2002 era de 41.159 km² e 44.300 km² em 2008. Em Pernambuco a vegetação restante representa apenas 45,4% do bioma. O município de Afogados da Ingazeira possui uma área de 378,8 km², sendo 208,6 km² de sua área antropizada até 2002. Entre 2002 e 2008 foram desmatada 19,9 km² da área, representando 5,26% da área do município. A taxa anual de desmatamento nesse município é de 0,88% (MMA, 2010).

A atual taxa média de desmatamento do estado de Pernambuco de 0,45% anual, ainda está de acordo com a taxa citada por Vasconcelos Sobrinho em 1949. Com a atual taxa de desmatamento anual e, considerando a área da Caatinga do estado de 81.141 km², em 101 anos toda a vegetação remanescente da Caatinga, no estado de Pernambuco, será totalmente retirada.

As conseqüências do desmatamento são diversas e prejudiciais às famílias que dependem da terra para sobreviver, como é o caso das famílias agricultoras do semiárido. O desmatamento causa a diminuição da diversidade vegetal e animal, empobrecimento do solo, aumento da erosão, aparecimento de pragas pela inexistência do equilíbrio ecológico, assoreamento dos rios, e o aceleração do processo de desertificação das regiões onde o sol é intenso.

A lenha possui vantagens e desvantagens quando comparada aos combustíveis à base de petróleo. Entre as vantagens está o baixo custo de aquisição e a seu caráter renovável o que lhe confere a possibilidade de que, se bem manejado, seu uso seja sustentável ou tenha menos impacto ambiental. Como desvantagens tem-se um menor poder calorífico, maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera e as dificuldades no estoque e armazenamento (GRAUER e KAWANO, 2001).

Além das desvantagens citadas anteriormente, existe a menor eficiência comparando os fogões a lenha a fogões a gás. O fogão a lenha é menos eficiente que o fogão a gás, pois usa no máximo 25% da energia gerada, enquanto o fogão a gás consome 95% da energia gerada. (LÓPEZ et al. 2000). Os fogões a lenha utilizados para a cocção, na sua maioria, possuem baixa eficiência. A eficiência energética apresentada por fogões à lenha convencional, geralmente é menor que 10% (SANGA, 2004).

Ainda que GRAUER e KAWANO (2001) tenham afirmado que é baixa a emissão de dióxido de enxofre em fogões a lenha, BORGES (1994) afirma que, em se tratando de fogões ineficientes, a queima da lenha por ser incompleta, potencializa emissões de dióxido de carbono, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, além de compostos orgânicos particulados. A exposição a esses gases provoca doenças respiratórias. Esse ar respirado pelos usuários do fogão ineficiente a lenha pode ser comparado ao ar dos grandes centros urbanos e ao hábito de fumar vários cigarros ao dia (BORGES, 1994).

As doenças respiratórias constituem importante causa de morte em adultos e crianças no mundo. Em 2004, nos países pobres, as doenças respiratórias foram responsáveis pela morte de 2,94 milhões de pessoas, representando 11,2% das mortes totais nesses países e ocupando o primeiro lugar no ranking de causas de óbitos. No mesmo ano, nos países em desenvolvimento, as doenças respiratórias ocuparam o 4º lugar, sendo responsáveis por 0,92 milhões de óbitos ou 3,8%. Elas foram a 3ª causa de morte no mundo, 4,18 milhões de pessoas, o que correspondeu a 7,1% das mortes totais (OMS, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

No campo foram realizados ensaios que permitiram comparar o ecofogão ao fogão a lenha convencional no que concerne às quatro primeiras hipóteses mencionadas acima. Para as demais, as inferências foram realizadas através de coletas de dados qualitativos e projeções analíticas a partir dos resultados dos ensaios. O modelo de ecofogão utilizado no teste é do tipo “Campestre 2” da empresa *ECOFOGÕES – Fogões a Lenha Ecológicos*², que possui a combustão americana do tipo “*Rocket stove*” com uma chapa de ferro fundida com duas bocas e uma chaminé. É feito de concreto, com as seguintes medidas, 65 x 32 x 31 cm (c x l x h). Já o modelo do fogão a lenha convencional, foi construído na própria residência e possui o formato de “U”, com uma chapa de ferro com duas bocas e uma chaminé (Figura 4).



Figura 4.: Modelos de fogão utilizados para a realização dos testes em campo.

² www.ecofogao.com

Para esta comparação foram realizados ensaios para evaporação de água. Os ensaios verificaram a queima de lenha necessária até a evaporação completa de 300 ml de água em uma pequena panela de alumínio. Uma segunda panela de iguais dimensões e também com 300 ml de água foi colocada na boca secundária do fogão, onde, ao fim do teste, a água tinha evaporado mas não completamente. Em cada modelo de fogão foram realizados três ensaios consecutivos. As medidas de tempo, peso da lenha e volumes de água evaporados, forneceram os elementos fundamentais do ensaio e permitiram verificar o comportamento comparativo dos dois fogões em situações idênticas.

3.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em comunidades de famílias agricultoras no Sertão do Pajeú (Figura 5), região do semiárido nordestino, no Município de Afogados da Ingazeira ($7^{\circ}45'03.65$ W $-37^{\circ}38'20,4$ S) em Pernambuco. O município de Afogados da Ingazeira está situado na macrorregião do Sertão do Pajeú, possui uma população de 35.528 (IBGE; 2009) e uma área territorial de 378 Km². A principal atividade econômica da região é a agropecuária.

Foram escolhidas duas comunidades de agricultores nessa região para desenvolver o trabalho, tais comunidades são assessoradas pelo Projeto Dom Helder Camara (PDHC). Nessas comunidades selecionadas, a principal fonte de energia para a cocção de alimentos é a lenha ou o carvão. As comunidades selecionadas para a realização do trabalho foram: Comunidade Monte Alegre – Sítio Rodeador e Comunidade Santo Antônio II. A utilização por essas fontes na região ocorre pela facilidade em encontrar a biomassa vegetal e pelo alto preço e dificuldade em adquirir um botijão a gás.

Todas as famílias residentes nessas comunidades desenvolvem atividades ligadas a terra e, portanto reconhecem a importância de preservar a vegetação da região. Em cada comunidade foi testado apenas um tipo de fogão a lenha. Ao realizar as visitas, as famílias foram entrevistadas sobre o manejo dos fogões, as características da lenha utilizada e as vantagens da sua utilização.



Figura 5.: Mapa da Região do Pajeú – PE.

3.2 Coleta de dados

Os testes foram realizados durante o período de 18 a 22 de outubro de 2010, sendo sempre realizados no período da tarde, evitando modificar a rotina das famílias, que cozinham preferencialmente na parte da manhã. Foi utilizado apenas um fogão a lenha convencional e um ecofogão em cada comunidade, com três ensaios sequenciais em cada fogão. No primeiro ensaio os fogões estavam mais frios.

A lenha utilizada no experimento pertencia às famílias, não sendo possível especificar a espécie lenhosa, mas sabe-se que era material velho como cerca, resto de poda ou material seco encontrado na mata. A lenha era inicialmente separada e selecionada de acordo com o tamanho para buscar a maior uniformidade possível.

A balança utilizada em campo possui uma capacidade máxima de 50 kg, com precisão de duas casas decimais a cada 20 gramas. Para pesar, colocou-se a lenha em saco de trigo para facilitar o manuseio. Da lenha pesada foi utilizada certa quantidade no fogão, e pesado o restante

ao fim do ensaio. A lenha foi acrescentada na medida da necessidade, durante o período que a panela esteve no fogo. A velocidade com que a lenha era colocada ficou a critério da agricultora.

Em ambos os fogões foram utilizados duas panelas, do mesmo tamanho e formato, cada uma com 300 ml de água e tampadas. As panelas foram colocadas no fogão após existir chama na lenha.

Foi marcado o tempo até a água existente na 1ª panela entrar em ebulição, depois era marcado o tempo até a água existente na 1ª panela evaporar por completo. A panela permaneceu totalmente tampada até o momento da ebulição. Após a ebulição, para permitir a evaporação completa da água, as panelas permaneceram parcialmente tampadas. Ao ocorrer a evaporação completa da água na primeira panela, ambas eram retiradas do fogão e a lenha não queimada pesada. O volume de água que sobrou na segunda panela foi aferido. A lenha que efetivamente queimou, foi tomada pela diferença entre a pesagem inicial e a final.

3.3 Análises de dados

Para a análise dos dados, foi tomada a média entre os consumos de lenha, a quantidade de água não evaporada na panela, o tempo gasto para ebulição e para a evaporação completa da primeira panela.

Para quantificar a quantidade de calor liberada pela lenha consumida em cada fogão foi feito o cálculo de acordo com o peso da lenha e tomando-se a relação definida por OLIVEIRA (2009), em que para cada 1kg de lenha são liberados 2.527,2 kcal. Esse valor é definido para fins de planejamento energético.

Foi realizado o cálculo da quantidade de calor aproveitada no fogão. Para a quantidade de calor aproveitado no fogão o cálculo foi feito através da fórmula química da quantidade de calor liberada. Até atingir o ponto de ebulição, foi tomado o calor específico da água, de 1cal/ml/°C. Considerou-se a temperatura inicial da água como sendo 25°C. Para realização do cálculo para a quantidade de calor recebida pela água utilizou-se a seguinte equação:

Equação 1:

$$Q = \Delta T . m . c$$

Onde:

m	→	Massa da substância (g)
c	→	Calor específico da substância (cal/g.°C)
ΔT	→	Varição da temperatura

Para o cálculo da quantidade de calor consumida durante a evaporação o ΔT é desconsiderado, já que não há variação de temperatura. O calor de evaporação da água para de 540 calorias. Foi utilizada a seguinte formula:

$$Q = c \cdot m$$

Mesmo considerando as limitações inerentes a pouca disponibilidade de dados, utilizou-se o teste t para comparar as médias do consumo de lenha e para eficiência energética.

4. RESULTADOS

4.1 Quantitativos

Com a realização dos testes, o consumo médio de lenha no ecofogão foi de 0,61 kg e no fogão convencional a lenha foi de 1,31 kg (tabela 1). Esses dados mostram uma economia de 53,4% no consumo da lenha no ecofogão. A lenha utilizada em ambos os fogões eram semelhantes, pois nos dois modelos utilizou-se lenha secundária ou madeira velha. Existiu diferença entre as médias do consumo a lenha, (teste t = -3,76; p = 0,01), mostrando a existência de diferença entre a quantidade de lenha consumida nos fogões.

Tabela 1.: Consumo de lenha durante os três experimentos em cada modelo de fogão.

Nº Experimento	Lenha Consumida (Kg)	
	Ecofogão	Fogão Convencional
1	0,64	1,66
2	0,5	1,16
3	0,68	1,1
Média	0,61	1,31
Coefficiente de Variação	0,15	0,23

O tempo médio para o ponto de ebulição da primeira panela no ecofogão foi de 3,11 minutos e no fogão convencional foi de 4,76 minutos (tabela 2). Isso representou uma diferença de 34,66% em minutos, no tempo médio para o ponto de ebulição da panela. Apesar dessa diferença não existiu diferença significativa entre o tempo dos fogões para a primeira panela entrar em ebulição (teste $t = -0,72$; $p = 0,25$).

Tabela 2.: O tempo para o ponto de ebulição da primeira panela em cada fogão.

Nº Experimento	Tempo para 1ª ebulição (min)	
	Ecofogão	Fogão Convencional
1	6,23	8,05
2	1,78	2,72
3	1,33	3,50
Média	3,11	4,76
Coefficiente de Variação	0,87	0,61

O tempo médio para a evaporação completa para primeira panela secar no ecofogão foi de 18,42 minutos e no fogão convencional foi de 31,82 minutos (tabela 3). Representando uma diferença de 42,11% em minutos, no tempo médio para evaporação da primeira panela. Apesar dessa diferença para a evaporação da primeira panela, no fogão convencional ocorreu uma maior evaporação total das panelas. Isso ocorre pela inexistência da diferença do calor recebido pelas bocas no fogão convencional.

Tabela 3.: O tempo para total evaporação (min) da água em cada experimento.

Nº Experimento	Tempo para total evaporação (min)	
	Ecofogão	Fogão Convencional
1	27,15	37,10
2	13,75	30,72
3	14,37	27,63
Média	18,42	31,82
Coefficiente de Variação	0,41	0,15

No ecofogão foi evaporado, em média, 480 ml de água, enquanto no fogão convencional foi evaporado, em média, 573 ml (tabela 4). Apesar de o tempo ser maior no fogão convencional para evaporação total da primeira panela, esse fogão no total evaporou mais água que o ecofogão.

Porém na razão do tempo em minutos para evaporação da água, o ecofogão obteve um melhor desempenho. O ecofogão gastou 0,04 min/ml, enquanto o fogão convencional gastou 0,06 min/ml.

Tabela 4.: A quantidade total de água evaporada nas panelas em cada fogão.

N° Experimento	Água evaporada nas panelas (ml)	
	Ecofogão	Fogão Convencional
1	450	580
2	520	590
3	470	550
Média	480	573
Coefficiente de Variação	0,08	0,04

Cada quilo de lenha no fogão convencional pode evaporar, em média, 452,67 ml/kg. No ecofogão essa razão média é de 811,43 ml/kg. O ecofogão apresenta uma eficiência de 44,21% a mais que o fogão convencional para a capacidade de evaporar água a cada quilo de lenha consumida. Sendo assim o fogão convencional necessita de mais lenha para fazer a água entrar no ponto de ebulição e evaporar.

Para elevar a temperatura de 600 ml de água a 25°C até o ponto de ebulição, é necessário 45 kcal. No fogão convencional foi necessário, em média, 354,6 kcal para elevar a temperatura até a ebulição e para a evaporação de 573 ml de água. A quantidade de calor média liberada pela lenha no fogão convencional foi de 3.202,21 kcal. Sendo assim a quantidade de calor perdido, nesse modelo de fogão, foi de 2.947,61 kcal. No ecofogão foi necessário, em média, 271,8 kcal até o ponto de ebulição e para a evaporação de 480 ml. A quantidade de calor liberada pela lenha no ecofogão foi de 1.533,17 kcal, assim o calor perdido foi de 1.261,37 kcal (tabela 5). Comparando a perda de calor com a lenha queimada nos fogões, o fogão convencional perdeu, em média, 55,59% a mais de calor que o ecofogão.

Tabela 5.: Quantidade de calor consumida pelas panelas para atingir o ponto de ebulição e para evaporar a água e quantidade de calor liberado pela lenha no fogão convencional e no ecofogão.

FOGÃO CONVENCIONAL							
Ensaio	Panela	Quantidade de Calor para evaporação (B)		Calor Total (A) + (B) por panela (kcal)	Calor Total (A) + (B) (kcal)	Quantidade de calor liberado pela lenha (C)	Calor perdido (cal) = {(A) + (B)} - (C)
		Vol de água evaporada (ml)	Total (B) (kcal)				
1	1	300	162,00	185	358,20	4.195,15	3.836,95
	2	280	151,20	174			
2	1	300	162,00	185	363,60	2.931,55	2.567,95
	2	290	156,60	179			
3	1	300	162,00	185	342,00	2.779,92	2.437,92
	2	250	135,00	158			
Média					354,60	3.302,21	2.947,61
ECOFOGÃO							
Ensaio	Panela	Quantidade de Calor para evaporação (B)		Calor Total (A) + (B) por panela (kcal)	Calor Total (A) + (B) (kcal)	Quantidade de calor liberado pela lenha (C)	Calor perdido (cal) = {(A) + (B)} - (C)
		Vol de água evaporada (ml)	Total (B) (kcal)				
1	1	300	162,00	185	288,00	1.617,41	1.329
	2	150	81,00	104			
2	1	300	162,00	185	250,20	1.263,60	1.013
	2	80	43,20	66			
3	1	300	162,00	185	277,20	1.718,50	1.441
	2	130	70,20	93			
Média					271,80	1.533,17	1.261,37

A eficiência energética no fogão convencional foi de 11% e no ecofogão foi de 18%. O ecofogão é portanto 1,61 vezes mais eficiente que o fogão convencional utilizado no teste. O ecofogão demonstrou ser 63,63 % mais eficiente que o fogão convencional. Houve diferença entre a média do calor perdido entre os fogões (teste t = 3,63; p = 0,01), demonstrando que o ecofogão é mais eficiente que o fogão convencional.

A quantidade de calor consumida por cada ml de água para o ponto de ebulição e a evaporação é maior no fogão convencional. A razão entre o calor total consumido pelas panelas e a quantidade de água evaporada, no fogão convencional é de 0,62 kcal/ml e no ecofogão é de 0,57 kcal/ml. No ecofogão cada ml de água consome 8,06% a mais da energia liberada pela lenha que o fogão convencional.

A razão média entre a quantidade de água evaporada, o consumo de lenha e a quantidade de calor aproveitada no fogão convencional é de 1,28 ml/kg/kcal e no ecofogão é de 3,03 ml/kg/kcal. O ecofogão aproveitou melhor o calor fornecido pela lenha. Existiu uma diferença de 57,76% a mais nesse consumo para o ecofogão.

Contudo, as primeiras medições foram realizadas com os fogões ainda relativamente frios. Com este fato pode dizer que a primeira amostra não correspondia a mesma população que as demais. Para eliminar este fator, é recomendável que o estudo tenha um maior número de repetições, que não foi possível por ocasião dos testes de campo.

4.1 Qualitativos

As entrevistas indicaram que nas residências o uso de lenha nem sempre foi a principal fonte de energia para cocção de alimentos. O carvão vegetal, também faz parte das fontes de energia utilizadas pelas famílias. Essa realidade do uso do carvão apenas não existe na residência onde existe o ecofogão. O uso de carvão ocorre por ser menos prejudicial à saúde que a lenha, já que em fogões convencionais a lenha emite fumaça ao redor do fogão. O relato das famílias indica que com o uso do ecofogão não há emissão de fumaça para dentro da residência, e por isso não é mais necessária a utilização do carvão. Na figura 3, contida nos materiais e métodos, é possível verificar a coloração das paredes, indicando a presença de fuligem devido a fumaça.

De acordo com a família usuária do ecofogão, existem outras vantagens encontradas nesse modelo quando comparado ao fogão convencional. Tal fogão economiza lenha e pode-se utilizar outros tipos de materiais, além da madeira. Esse fogão funciona com sabugo de milho e pequenos pedaços de madeira, e o alimento passa menos tempo no fogo. Por isso, para esse modelo não é necessário fazer estoque de lenha na residência, assim não é necessário a extração da vegetação apenas para o uso da lenha. Desta forma, reduz-se o tempo que a família destina tempo para a coleta desse material.

Na residência do ecofogão a lenha é armazenada em uma caixa com dimensões de 0,5m x 0,4m x 0,3m (Figura 6). Assim são consumidos 0,06 estéreo de lenha a cada 3 dias, sendo consumido anualmente 7,08 estéreo de lenha. Antes da aquisição do ecofogão, eram consumidos 17 estéreo por ano. Com esses dados, estima-se que a economia anual de lenha é de 10 estéreos correspondendo a aproximadamente a 58%. Estes dados corroboram os resultados encontrados nos ensaios de consumo (item 4.1).



Figura 6.: Caixa utilizada pela família para armazenar a lenha. As dimensões 0,3 x 0,4 x 0,5 m, com duração de três dias.

Com as famílias utilizando apenas lenha ocorre uma economia financeira, já que o material é coletado na própria região das comunidades. A economia ocorre entre R\$ 35,00 e R\$ 50,00. Cada saco de carvão custa, em média, R\$ 10,00 e as famílias utilizam em torno de 5 sacos por mês. O GLP custa, em média, R\$ 35,00 e a duração do botijão varia de acordo com o uso das famílias. Esse dinheiro antes destinado à compra de carvão ou GLP passa a ser utilizado

para outros fins. A economia anual com a não utilização do carvão é, em média, de R\$ 600,00 e a economia no botijão de gás anual varia de acordo com o uso da família, ficando em torno de R\$ 420,00 (utilizando um botijão por mês) e R\$ 140,00 (utilizando um botijão a cada três meses).

5. DISCUSSÃO

As famílias agricultoras do semiárido nordestino têm maior tendência a consumir lenha ou carvão. Esta escolha ocorre pela facilidade em conseguir o material e por ser de baixo custo comparado ao GLP (Gás liquefeito de petróleo). A substituição do carvão pela lenha, com o uso do ecofogão, ocorreu pelo fato que a lenha é mais eficiente que o carvão e assim como o carvão não produz fumaça utilizada nesse modelo de fogão. Os fogões convencionais geram mais fumaça para dentro das residências, quando comparados aos fogões de carvão. Por esse motivo dá-se a utilização das duas fontes de energia.

O ecofogão funciona com vários tipos de biomassa, enquanto o fogão convencional é alimentado apenas por lenha. Supõe-se que a utilização de outros materiais no ecofogão seja possível pela maior eficiência do fogão e pela tecnologia utilizada na câmara de combustão. Como citado por Drumond (2000), as principais espécies utilizadas como lenha e carvão na região são espécies nativas. Essa utilização ocorre pelo alto poder calorífico dessa vegetação. Com o aumento da eficiência do fogão é possível usar vegetação secundária e as que possuem um baixo poder calorífico. Em ambos os fogões utilizados no teste é possível utilizar lenha secundária, resto de poda e madeira velha. No fogão convencional isso se deu pelo seu formato e por ser um fogão que já possui uma eficiência melhor que outros fogões considerados convencionais.

A lenha passou a ser obtida próxima a residência, sem a necessidade de ir buscar a lenha na mata para fazer estoque, devido à diminuição no consumo da lenha. Para buscar lenha na mata é necessária a destinação de certo tempo para essa atividade. Para fazer estoque de lenha utiliza carroças para buscar o material, dessa forma é necessário um esforço físico. Assim corroborando com a hipótese em que diminuindo o consumo de lenha ocorre economia de tempo e esforço físico da família.

Apesar de o primeiro teste ter sido realizado com os fogões frios, não obteve grande diferença no consumo de lenha. Essa diferença foi ainda menor no ecofogão. Segundo PNUD, o

ecofogão reduz em 50% o consumo de lenha. Esse dado foi corroborado com o teste realizado, onde o ecofogão apresentou 53% de economia no consumo da lenha em relação ao fogão convencional. Demonstrando assim uma redução considerável no uso da lenha. A maioria dos fogões eficientes tem poupado biomassa em até 25% e tem melhorado a qualidade do ar em ambientes fechados para os usuários (SMITH, 1993; GELLER, 2003).

Em ambos os fogões, quanto mais lenha se coloca mais calor se perde. Isso ocorre por que o calor começa a sair pelas entradas de lenha. No caso do fogão a lenha este efeito é mais visível, já que o buraco é pequeno e feito para um melhor aproveitamento do calor.

Mas foi verificado que, em ambos os fogões, ao se colocar mais lenha o tempo diminui. Lima (2006) percebeu que a operação do fogão à lenha envolve uma série de procedimentos sistemáticos, os quais interferem na eficiência e no consumo de biomassa.

Nas primeiras medições houve maior consumo de lenha do que as duas outras medições consecutivas até que as panelas entrassem no ponto de ebulição e a água começasse a evaporar. Isso ocorreu, porque parte da energia foi consumida pelo próprio fogão ao se aquecer, e atingir uma temperatura ideal de funcionamento. Após o primeiro teste o tempo para a panela atingir o ponto de ebulição caiu. O mesmo ocorreu no ecofogão para o tempo de evaporação da panela, mas no fogão convencional o mesmo não ocorreu. No fogão convencional o tempo para evaporação da água foi diminuindo lentamente. Em testes realizados para comparar fogões convencionais a fogões eficientes, Ayoub & Brunet (1996) detectaram redução de 50% no tempo para cozimento dos alimentos.

Martins (1989) estudou diversos métodos para a obtenção de eficiência do fogão. Através de pequenas modificações conseguiu melhorar esta eficiência média de 7,6% para 12,6%. Sanga (2004) percebeu um dos problemas relacionado ao uso dos fogões convencionais em domicílios rurais, a eficiência energética geralmente é inferior a 10%. Pode-se afirmar que o fogão convencional utilizado no experimento, por ter sua forma em U e chaminé, já apresenta uma eficiência melhorada. Apesar desse modelo possuir um sistema de exaustão, este é bastante rudimentar e a combustão não deve sofrer alterações significativas (SPETCH, 2009).

As mulheres e crianças têm maior risco de desenvolverem doenças relacionadas à exposição à fumaça, pois passam mais tempo expostas (SAGAR & KARTHA, 2007). A melhoria na combustão da lenha e a existência de chaminé diminuem a quantidade de fumaça lançada para dentro da residência. A diminuição da fumaça ao redor do fogão melhora a saúde das famílias. O

melhoramento da combustão na queima da lenha diminui o lançamento de gases poluentes a atmosfera do interior da residência.

O fogão convencional possui uma estrutura diferente do ecofogão. No ecofogão ocorre diferença do calor que chega às bocas, o calor é espalhado de forma diferente pela chapa. No fogão convencional o calor é espalhado igualmente por toda a chapa do fogão. Assim o independente do local onde colocar a panela no fogão convencional não deve existir diferença no tempo do cozimento. Enquanto no ecofogão existe diferença no tempo do cozimento dependendo da boca em que se coloca a panela.

A eficiência dos fogões a lenha depende do tipo de combustão, da tecnologia e do tipo de construção utilizados, essa eficiência pode variar de 5% a 30% (KAMMEN, 1995 apud SANGA, 2004). O ecofogão demonstrou ser mais eficiente que o fogão convencional. A eficiência encontrada no ecofogão está próxima à eficiência encontrada por fogões a lenha de metal (tabela 6).

Tabela 6.: Eficiência em diversos modelos de fogão a lenha. Fonte: Kammen (1995)

Combustível	Tipo/construção de fogão	Eficiência [%]		Aceitáveis
		Laboratório	Campo	
Lenha	Três pedras (panela de argila)	-	5-10	7
	Três pedras (panela de alumínio)	18-24	13-15	15
	Tradicional forno aberto	-	3-6	5
	Melhorado barro/argila	11-23	8-14	10
	Tijolos	15-25	13-16	15
	Metal e portátil	25-35	20-30	25

Mattos (2010) utilizou densidades de lenha 125st/ha para caatinga rala a densa, e obteve dados preliminares fornecidos por pesquisadores da rede de pesquisa de manejo de caatinga indicando que a taxa de regeneração média é de 5st/ano. O consumo de lenha antes da instalação do ecofogão era de 17 st/ano. Assim, nestas condições, para que o consumo de lenha ocorra de forma sustentável é necessário o manejo de no mínimo 3,5 ha. Para um consumo de lenha anual por família com ecofogão em torno de 7,08 st/ano, a área necessária para o manejo sustentável cai para 1,41 ha. Isso indica que com a instalação do ecofogão ocorreria a diminuição no desmatamento, caso seja respeitado a taxa de regeneração.

6. CONCLUSÃO

O ecofogão apresenta melhor rendimento da lenha e maior aproveitamento do calor liberado pela lenha que o modelo de fogão convencional pesquisado.

A diminuição no consumo de lenha e o melhor aproveitamento do calor no ecofogão gerou a uma economia financeira pois se deixou de utilizar outras fontes de energia que para ter acesso era necessário utilizar dinheiro.

O esforço físico da família foi reduzido, pois não é necessário fazer grande estoque de lenha na residência. É possível utilizar lenha secundária e outros tipos de materiais no ecofogão.

Com fogões mais eficientes a poluição do ar diminuiu. Além da combustão ser mais completa, a sua chaminé é mais eficiente, evitando que os gases sejam lançados ao redor do fogão.

Com a diminuição de gases poluentes no ambiente da casa estima-se que haja diminuição das doenças respiratórias. Este fato foi relatado pelas mulheres nas entrevistas realizadas.

A disseminação de fogões mais eficientes na região, como o ecofogão estudado, poderia diminuir a pressão de desmatamento pela metade. Mas para que o uso da lenha, um combustível renovável, ocorresse de forma sustentável, ainda seria necessário que a criação de planos de manejo florestal para a Caatinga, de tal maneira a que a lenha fosse retirada de forma sustentável, respeitando a taxa de reposição da mata.

Sendo assim o ecofogão apresenta impactos positivos para o meio ambiente e para a saúde das famílias.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

AROUCA, M. C.; GOMES, F. B. M.; ROSA, L. P. Estrutura da demanda de energia no setor residencial no Brasil e uma avaliação da energia para a cocção de alimentos. Rio de Janeiro, 1983.

AYOUB, J. & BRUNET, E. Performance of large portable metal woodstoves for community kitchens. *Renewably Energy*, v.7, n. 1, p. 71 – 80, 1996.

BACCHI, M. R. P. Gerando energia de biomassa, limpa e renovável. 2006.

BARROSO, R. A. Consumo de lenha e produção de resíduos de madeira no setor comercial e industrial do Distrito Federal. Dissertação de mestrado em ciências florestais. Unb-DEF. 2008.

BITTENCOURT, H. V. H. A matriz energética no desenvolvimento sustentável de pequenas propriedades rurais. TCC de curso. UFSC – CCA. 2005.

BORGES, T. P. F. Fogão a lenha de combustão limpa. Dissertação de mestrado – UEC - Faculdade de engenharia mecânica - Departamento de energia. 1994.

BRASIL. Empresa de pesquisa de energética. **Balanco Energético Nacional 2010 – Ano base 2009**. Rio de Janeiro: 2009.

BRITO, J. O. Fuelwood utilization in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.12, n. 1, p. 69-74. 1997.

CAMPELLO, F. B. et al. Diagnóstico florestal da Região Nordeste. Projeto IBAMA/PNUD/BRA/93/033. Desenvolvimento florestal para o nordeste do Brasil. 1999.

DRUMOND, M. A. Estratégias para o desenvolvimento sustentável da Caatinga. Documento para discussão no GT estratégias para o uso sustentável. Petrolina-PE, 2000.

GELLER, H. S. Revolução energética, políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro, USAid, 2003.

GRAUER, A.; KAWANO, M. Uso de biomassa para produção de energia. Boletim informativo da bolsa de reciclagem, v. 1, n. 5, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010

KAMMEN, D. M. From energy efficiency to social utility: Lessons from cookstove design, dissemination and use. in Goldemberg J., Johansson T. B. (Editors), *Energy as an instrument for socio economic development*, UNDP, New York, 1995.

LIMA, C. R.; LIMA, G. D.; PAES, J. B. Consumo residencial de energéticos para cocção nas comunidades Santana e Queimadas, Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Renabio**. Biomassa & Energia, v. 3, n. 2, p. 83-96, 2006.

- LÓPEZ, J. C. F.; SILVA, A. L. Consumo residencial de lenha em Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p63-71. Viçosa-MG, 2000.
- MATTOS, L. C. KREHBIEL, J. Impacto de um biodigestor domiciliar na economia de emissões de gases de efeito estufa em uma propriedade da agricultura familiar do Cariri Paraibano. 2010.
- MARTINS, G.; BARROS, I. F. R.; LIMA, M. D. Design social vs novas tecnologias. Anais do workshop Internacional renovação tecnológica, Curitiba, PR, 1992.
- MENDES, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido. SEMACE. Fortaleza/CE, 1997.
- MMA. Região do Araripe, Pernambuco. Diagnóstico florestal. Brasília, 2007.
- MMA/IBAMA. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do bioma Caatinga 2002 a 2008. 2010.
- MORAES, M. M.; MARTINS, G.; TRIGOSO, F. B. M. 2007. O uso do fogão a lenha no semi-árido Piauiense: Um estudo de caso. Universidade Federal do ABC.
- OLIVEIRA, R. A. Diagnóstico de queima de forno da caldeira de indústria têxtil. TCC do curso de Engenharia Ambiental, Faculdade Dinâmica das Cataratas. 2009.
- OMACHI, I. H., et al. Produção de biomassa florestal para exportação: o caso da Amcel. Renabio. Biomassa & Energia, v. 1, n. 1, p. 29-36, 2004.
- PARIKKA, M. Global biomass fuel resources. **Biomass and Bioenergy**, v.27, n.6, p.613-620, 2004.
- PNUD. Notícias. Fogão ecológico ajuda a preservar a Caatinga. 2006.
- RAMOS, M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Produtos madeireiros e comunidades rurais na caatinga: uma visão do uso de fitocombustíveis. 2007.
- RAMOS, M. A. et al. Use and knowledge of fuelwood in na área of Caatinga vegetation in NE, Brazil. **Biomass and bioenergy**. v. 32, p. 510 – 517. 2008.
- REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, E. C. Energia, recursos naturais e práticas em desenvolvimento sustentável. **Editora manole**. 2005.
- RIEGELHAUPT, E. M; PAREYN, F. G. C. A questão energética e o manejo florestal da Caatinga. In: Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Serviço florestal brasileiro. Brasília. p. 65 – 75. 2010

RIEGELHAUPT, E. M; PAREYN, F. G. C; GARIGLIO, M. A. O manejo florestal como ferramenta para o uso sustentável e conservação da Caatinga. In: Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Serviço florestal brasileiro. Brasília. p. 349 – 366. 2010

SAGAR, A. D. & KARTHA, S. Bioenergy and sustainable development? **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p 131-167, 2007.

SAMPAIO, E. V. S. B.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. Uso das plantas em Pernambuco. In TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. (orgs.) Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco. Recife: **Editora Massangana**, 2002, vol. 2. P-633-660.

SANGA, G. A. Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para cocção em residências urbanas na Tanzânia. UEC. 2004.

SANTOS, S. C. J.; GOMES, L. J. 2009. Consumo e procedência de lenha pelos estabelecimentos comerciais de Aracaju-SE. **Revista da Fapese**, v.5, p. 155-164.

SILVA, P. S.; SOLANGE, E.; PAREYN, F. Consumo de energéticos florestais do setor domiciliar no estado de Pernambuco. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007/Governo de Pernambuco. Recife-PE, 1998.

SPECHT, M. J. S. Padrões de consumo doméstico de lenha em uma região de floresta atlântica no nordeste do Brasil. Monografia de Graduação – UFPE-CCB. Recife, 2009.

TORRES, E. A. Energia. In: Tecnologias e gestão ambiental. cap. 7, p. 239-241. Senai. Brasília. 2002.

UHLIG, A. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Tese doutorado – USP. 2008.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. As regiões naturais de Pernambuco, o Meio e a Civilização. **Livraria Freitas Bastos**, p. 213. 1949.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. The top ten causes of death. Fact sheet nº 310. 2008.