

Amâncio Manuel Cazule

**Estudo Comparativo da Eficiência Térmica do Fogão Tradicional de
Boca Quadrada em Relação ao Fogão Mbaula através do Teste de
Fervura de Água**

Licenciatura em Ensino de Física

Universidade Pedagógica

Delegação da Beira

2013

Amâncio Manuel Cazule

**Estudo Comparativo da Eficiência Térmica do Fogão Tradicional de
Boca Quadrada em Relação ao Fogão Mbaula Através do Teste de
Fervura de Água**

Monografia Científica Apresentada ao
Departamento de Física, Faculdade de Ciências
Naturais e Matemática, Delegação da Beira, para
Obtenção do grau académico de Licenciatura em
Ensino de Física.

Supervisor: dr. Basílio José

Universidade Pedagógica

Delegação da Beira

2013

AGRADECIMENTOS

À Deus, o Onnipotente e Omnipresente, à família Cazule e à família Félix Amuza, aos docentes do Curso de Física sem excepção, em especial ao dr. Basílio José, o meu Supervisor, e o Director do Curso de Física, Mesc. Rui Muchaiabande, não se esquecendo do Chefe do departamento de Ciências Naturais e Matemática da UP-Beira Mesc. Curado, aos colegas da Turma F09 e do grupo de estudo, com que partilhei momentos dramáticos ao longo do curso. Os meus agradecimentos são extensivos a todos que directa ou, indirectamente contribuíram para que o meu sonho se tornasse realidade.

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais o Sr. Barnabé Nelson Cazule e a Dona Tereza Carlos Waze.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro fielmente que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu Supervisor, o seu conteúdo é original e todas fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau acadêmico.

Beira, Setembro de 2013

(Amâncio Manuel Cazule)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Medidas do fogão *õMbaulaö* (à esquerda) e fogão tradicional de *õboca quadradaö* (à directa).....21
- Figura 2:** Representação esquemática do fogão tradicional de *õboca quadradaö*, com tampa (à esquerda) e do fogão melhorado *õMbaulaö*, com tampa (à directa).....22
- Figura 3:** Momento após de acender (1), combustão inicial necessária (2) e colocação das panelas (3).....22
- Figura 4:** Um dos momentos da medição da temperatura da água e pesagem do carvão que sobrava 15 minutos depois da combustão vigorosa.....23
- Figura 5:** Fogão cerâmico queniano (KCJ). Na Beira, província de Sofala, este fogão foi apelidado por *õMbaulaö*38
- Figura 6:** Fogão eficiente de forma cilíndrica; fusão do fogão tradicional e KCJ (a esquerda); Fogão eficiente cónico com duas câmaras de isolante cerâmico (a direita)38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Combustão inicial do fogão tradicional de <i>õboca quadradaö</i> e fogão <i>õMbaulaö</i>	44
Gráfico 2: Tempo decorrido para ebulição da água	45
Gráfico 3: Quantidade de água que sobrava no fim do experimento	45
Gráfico 4: Quantidade de carvão usado nos fogões	46
Gráfico 5: Quantidade de carvão adicionado durante o experimento	46
Gráfico 6: Quantidasde de carvão que sobrava após o experimento.....	47
Gráfico 7: Quantidade de água evaporada (Δm_a)	47
Gráfico 8: Quantidade de cinza no fim do experimento	48
Gráfico 9: Variação da temperatura do fogão tradicional de <i>õboca quadradaö</i> e do fogão <i>õMbaulaö</i>	49
Gráfico 10: Estimativa de consumo mensal/anual de carvão e o dinheiro gasto	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempo decorrido para ebulição da água e Quantidade de carvão adicionado durante o experimento.....	23
Tabela 2: Quantidade de carvão sobrado e Quantidade de água sobrada no fim do experimento	24
Tabela 3: Resultados do inquérito realizado com os moradores e vendedores de carvão vegetal nos estaleiros do bairro de Chipangarra, cidade da Beira	25
Tabela 4: Produção de carvão vegetal na província de Sofala	31
Tabela 5: características de fogões a carvão vegetal em nove países	34
Tabela 6: Eficiência nominal de fogões e combustíveis	34
Tabela 7: factores determinantes na escolha de combustíveis.....	36
Tabela 8: Resultados dos experimentos sobre a quantidade de calor libertado.....	42
Tabela 9: Resultados do experimento sobre o calor absorvido	43
Tabela 10: Resultados do experimento sobre o calor vaporizado	43
Tabela 11: Calor libertado durante a combustão (Q_{lib}) e Calor absorvido pela água (Q_{ab}).....	51
Tabela 12: Calor de vaporização (Q_{vap}) e Rendimento do fogão tradicional e mbaula (η)	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Δm_w - Massa da água vaporizada	L ó Calor latente de vaporização
ADEL - Agência de Desenvolvimento Económico Local	CENBIO - Centro Nacional de Referencia em Biomassa
C_e ó Calor específico da água	M_{ia} ó Massa inicial da água
CO ó Monóxido de carbono	CO₂ ó Dióxido de carbono
F.M. ó Fogão Mbaula	F.T. ó Fogão Tradicional
FUNAE ó Fundo Nacional de Energia	INM - Instituto Nacional de Meteorologia
J - Joule	KW - Kilo-Wat
KCJ - Fogão Cerâmica Keniano (síglã inglesa)	MJ - MegaJoule - equivalente a 10 ⁶ Joule
M_{cc} ó Massa de carvão consumido	B_c - Poder calorífico do carvão
°C - Graus Célsius	OMS ó Organização Mundial de Saúde
Pg. - Pergunta	Q_{ab} ó Quantidade de calor absorvido
Q_{lib} - Quantidade de calor libertado	Q_{vap} ó Quantidade de calor vaporizado
RET(s) ó Tecnologia(s) de Energia Renovável (sigla inglesa)	VCA - Análise de Cadeia de Valores (sigla inglesa)
SNV - Organização Holandesa de Cooperação (sigla inglesa)	GIZ ó Agência Alemã de Cooperação (Sigla Ingleza)
TFA ó Teste de Fervura de Água	GLP ó Gás Liquefeito de Petroleo
T_{ia} ó Temperatura inicial da água	T_{fa} ó Tempetarura final da água
Tot. ó Total	UP ó Universidade Pedagógica

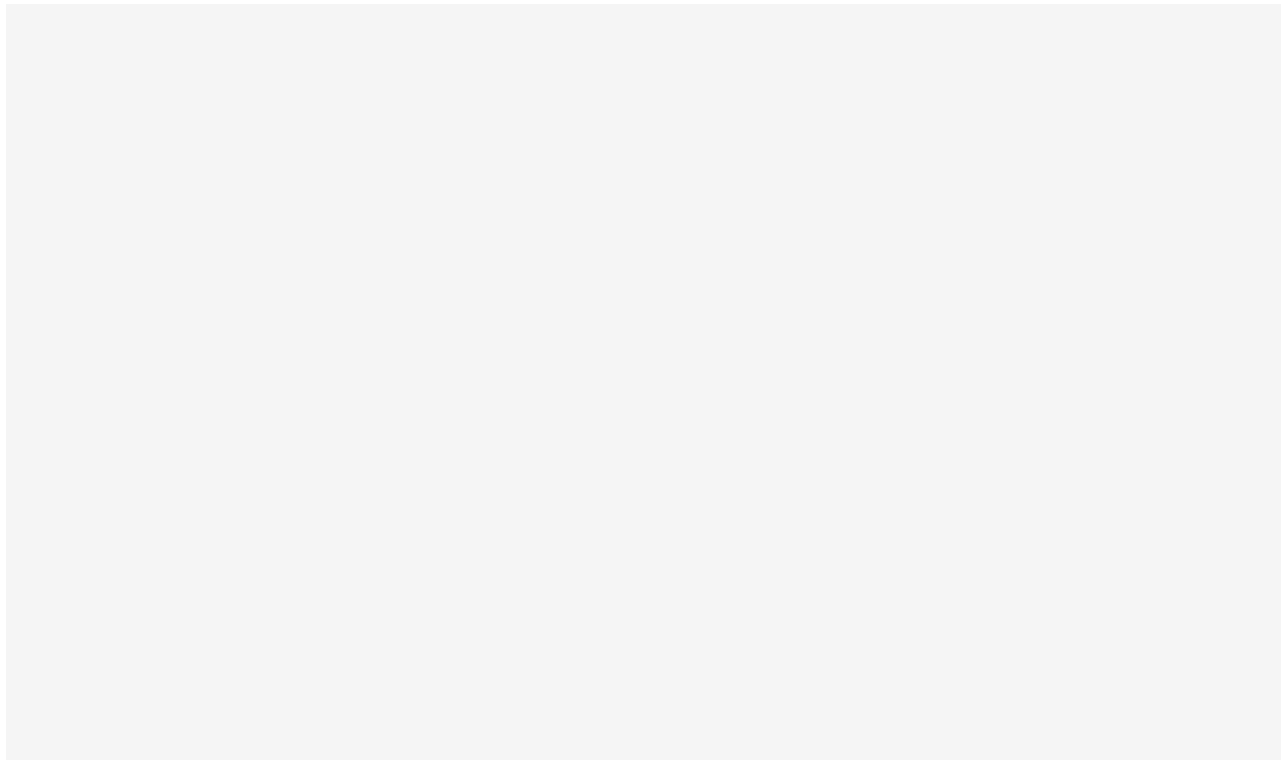
Índice	Pág.
AGRADECIMENTOS.....	III
DEDICATÓRIA.....	IV
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE GRÁFICOS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	IX
RESUMO.....	XII
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	13
1.Introdução.....	13
1.1.Justificativa da escolha do tema.....	14
1.2.Problematização.....	15
1.2.1.Pergunta de pesquisa.....	16
1.3.Hipóteses.....	16
1.4.Objectivos do trabalho.....	17
1.4.1.Geral.....	17
1.4.2.Específicos.....	17
1.5.Delimitação da Pesquisa.....	17
CAPÍTULO II - QUADRO METODOLÓGICO.....	20
2.1.Tipo de pesquisa.....	20
2.2.Pesquisa experimental.....	20
2.3. Técnicas usadas na recolha de dados.....	20
2.3.1.Observação.....	20
2.3.2. Leitura Bibliográfica.....	20
2.3.3.Experimentação.....	21
2.4.Variáveis.....	25
CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	27
3.1.Revisão bibliográfica.....	27
3.2.Biomassa - renovação e sustentabilidade.....	30
3.3.Processo de produção de carvão na província de Sofala.....	30

3.4.Tipo de carvão usado na cidade da Beira, província de Sofala	31
3.5.Testes de eficiência no consumo e na produção de combustíveis.....	32
3.5.1.Eficiência de fogões	32
3.7.Disseminação de fogões e fornos eficientes a biomassa.....	36
3.8.Disseminação do fogão cerâmico do Quênia - (Denominado Fogão ãMbaulaõ na Beira).....	37
3.9.Substituição dos fogões tradicionais a carvão vegetal pelos mais eficientes	39
3.9.Caso de Moçambique e da província de Sofala.....	39
3.10.Impacto da utilização do carvão vegetal e formas de minimização	40
3.12.Trabalho Realizado	41
3.12.1.Determinação do calor libertado	41
3.12.2. Determinação do calor absorvido.....	42
3.12.3. Determinação do calor de vaporização	43
CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	44
4.1.Resultados das dez experiências.....	44
4.1.1.Determinação das grandezas necessárias para o cálculo do rendimento dos fogões	50
CAPÍTULO V - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
CONCLUSÕES	61
SUGESTÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

RESUMO

Este estudo pretendeu determinar e comparar quantitativamente a eficiência térmica do fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e o fogão *õMbaulaõ*, oferecendo uma base de dados que podem ser usados pelos utentes dos fogões. Para a sua execução recorreu-se ao método experimental e as técnicas de experimentação, leitura bibliográfica, observação e o inquérito. Importa referir que para a colecta de dados quantitativos foi necessário um número de dez (10) experimentos e consistiu no TFA onde se media a quantidade de carvão antes e depois da ebulição de 1,5 litros de água. Para auxiliar o estudo, mediu-se também o tempo para combustão inicial, ebulição e evaporação. A eficiência foi calculada com base no calor produzido pelo carvão usado, contra o calor necessário para ferver e evaporar a água. Os resultados obtidos referem que o consumo de carvão é menor no fogão *õMbaulaõ* com 7,365Kg e 7,737kg no fogão tradicional de *õboca quadradaõ*. O fogão *õMbaulaõ* apresenta-se mais eficiente na conversão de energia do carvão. Há um aumento na eficiência de 71,5% no fogão *õMbaulaõ* contra 48,6 % no fogão tradicional de *õboca quadradaõ*. Estima-se que usando o fogão *õMbaulaõ* as famílias moçambicanas poderiam poupar uma média de 308Mts a 352Mts, ou seja, 113344000,00mt/ano para compra de carvão e redução de cerca de 2.189.600 árvores abatidas de tamanhos e espécies diferentes bem como uma estimativa de 4181818,82 moles de CO₂ não libertado para atmosfera. Entretanto, os depoimentos das famílias dizem que conhecem o fogão *õMbaulaõ*, mas o preço aplicado impede para a sua aquisição.

Palavras chave: Fogão de *õboca quadradaõ* e fogão *õMbaulaõ*; Eficiência térmica; Determinação comparativa e quantitativa; Teste de Fervura de Água (TFA).



CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1. Introdução

A utilização de combustíveis da biomassa sólida (lenha e carvão) é uma das alternativas energéticas mais antigas e difundidas da humanidade para a cozedura de alimentos (MORAES; MARTINS; TRIGOSO, 2007), citado por REGUEIRA, (2010: 01). Na cidade da Beira, a maioria da população residente em áreas per-urbanas utiliza biomassa, especialmente carvão, como a principal e mais acessível fonte de combustível doméstico para cozinhar e aquecer água. Os fogões a carvão vegetal utilizados na cidade da Beira, apresentam baixa eficiência energética, pois possuem um aproveitamento incompleto do carvão, gerando a emissão de gases e partículas poluentes para o ambiente ao redor do fogão e para atmosfera. A emissão de gases e partículas, gera uma poluição que provoca doenças tais como: insuficiência respiratória, doenças oftalmológicas, bronquite crónica e outras. Estas doenças respiratórias causam a morte de milhares de pessoas por ano, refere a (OMS, 2004) citando por REGUEIRA, (2010:01). A partir da década de 80, 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, escreve (SAGA, 2004) citado por REGUEIRA, (2010: 02). Em Sofala, o estudo de fogões melhorados inicia no ano de 2006, pela ADEL-Sofala nas comunidades da Cerâmica, distrito de Dondo, sendo a Associação Comunitária de Gestão dos Recursos Naturais denominada o CANHANDULA, responsável para o fabrico dos fogões melhorados, um dos quais o Mbaula. Com a introdução do fogão melhorado o Mbaula, pouco usado em Moçambique, comparativamente com os países africanos anfitriões como o Quênia e a Tanzânia, onde estão avançados, espera-se diminuir o consumo de carvão e consequentemente a diminuição no desmatamento nas áreas de produção e redução da emissão de CO₂. O trabalho consistiu na determinação quantitativa do rendimento do fogão tradicional de bocal quadrado e do fogão melhorado o Mbaula. O objectivo do estudo é propor uma base de dados que podem ser usados pelos utentes dos fogões e através da determinação do rendimento térmico, arrolar experiências que podem ser usadas para demonstração de algumas grandezas físicas estudadas na 9ª e 12ª classes. O trabalho apresenta cinco capítulos, nomeadamente: Capítulo I ó Introdução, Capítulo II ó Metodologias, Capítulo III - Fundamentação Teórica, Capítulo IV ó Apresentação dos Resultados e Capítulo V - Análise e Discussão dos Resultados.

1.1. Justificativa da escolha do tema

Até 1990 a cidade de Lichinga, província de Niassa, dependia especificamente da lenha para confeccionar os alimentos e o instrumento usado era o tripé (lareira com três pedras). Hoje em dia, parte das famílias abandonaram o uso de lenha, adoptando outros instrumentos. Essa adopção, intensifica-se quando, durante as aulas práticas, os alunos da Escola Industrial e Comercial Ngungunhane, cidade de Lichinga (onde o autor fazia parte), produziam fogões quadrados de uma ou duas bocas que posteriormente eram vendidos informalmente nos bairros. Desde essa altura para cá, pelo menos na cidade de Lichinga, são raras as pessoas que não usam fogões de *õboca quadradaõ*. Mesmo os moradores do bairro de cimento, preferem o fogão a carvão em detrimento de outros tipos como eléctrico e a gás.

Essa prática, também viria a ser verificada desde 1999 a 2013, quando o autor fixou residência durante a frequência do curso de Licenciatura em Ensino de Física, onde cerca de 95% da população do bairro de Chipangarra, Cidade da Beira, utiliza fogões de *õboca quadradaõ*, pese embora se intensificar acções visando o uso de dispositivos mais eficientes em termos de consumo de combustível e tempo de preparação dos alimentos.

Em Chipangarra, o fogão de *õboca quadradaõ* mais usado pelas famílias é vendido a preço que varia entre 100 a 200Mts (é um desses tipos que se adoptou para efectuar este estudo). Existem outros tipos de fogões, mas na sua maioria são usados nos bares para assar carne ou frango para petisco, bem como noutras famílias (em número muito reduzido). São fogões de duas bocas com quatro pés e os usuários confeccionam os seus alimentos em pé. O carvão usado é adquirido a partir de cinco meticais o molho suficiente para confeccionar alimentos. O preço por saco de 50kg aproximadamente, atinge o seu pico nos meses de Dezembro devido ao período festivo, Janeiro, Fevereiro e Março devido as épocas chuvosas, onde escasseia o produto chegando a custar entre 350 a 450 meticais.

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 (í), (PARIKKA, 2004), citado por REGUEIRA, (2010:01). Segundo BACCHI (2006) citado por REGUEIRA, (2010:03) a energia renovável mundial representa 20% do consumo total de energia, sendo 14 vindo da biomassa.

Moçambique possui cerca de 65,3 milhões de hectares de florestas e outras formações vegetais, cuja potência de produção anual de lenha e carvão vegetal de cerca de 22 milhões de toneladas, sendo o consumo actual de 14,8 milhões de toneladas por ano ó MATAVEIA, (2011:9).

Este valor, de 14,8 milhões de toneladas por ano, está muito acima do volume de corte anual admissível para madeiras comerciais. A produção de carvão vegetal tem sido referida como uma das principais causas do desmatamento, escrevem SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012:24-25).

õAs causas da elevada procura por lenha e carvão estão associadas a várias questões, entre o baixo poder de compra e a falta de fontes alternativas viáveis de energia nas zonas urbanas. Um facto adicional é que, apesar dos esforços para a electrificação e disponibilização de gás natural para a cozinha, parece haver poucos agregados familiares que adoptaram as formas alternativas de energia, sendo que apesar destas usarem electricidade para a iluminação, continuam a cozinhar com lenha ou carvãoõ - SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012:24-25).

No entanto, SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012:24-25), sublinham a afirmação citando (EGAS:2006) nos seguintes moldes:

õ(í) Um estudo sobre os custos de diferentes fontes de energia conduzido na Cidade da Beira, revelou que o carvão era a fonte mais cara (comparada com a electricidade e o gás) por unidade de energia. Entretanto, parece que o investimento inicial para a compra do fogão constitui a limitante principal para a transição para esta fonte de energiaõ.

É diante desta perspectiva que levou-se a cabo este estudo para propor uma base de dados que podem ser usados pelos utentes dos fogões e através da determinação do rendimento térmico, arrolar experiências que podem ser usadas para demonstração de algumas grandezas físicas estudadas na 9ª e 12ª classes, tal como substância LIBÂNEO, (1992:162), afirmando que õa demonstração é uma forma de representar fenómenos e processos que ocorrem na realidade. Ela se dá seja através de explicações em um estudo de meio, seja dada através de explicação colectiva de um fenómeno por meio de experimento simplesõ. O arrolamento das referidas experiências, tem a finalidade propor material didáctico que pode ser usado nas aulas de física.

1.2.Problematização

A primeira questão do estudo está ligada ao uso insustentável dos recursos energéticos da biomassa como consequência do uso de dispositivos pouco eficientes para as necessidades das populações per-urbanas e a não aderência das novas tecnologias.

Neste aspecto, pretende-se integrar as *Questões Sociais*, que tem a ver com o respeito do ser humano para que este possa respeitar a natureza como parte mais importante do meio ambiente; *Questões Energéticas e Económicas*, quer dizer, sem energia a economia não se desenvolve e se a economia não se desenvolve, as condições de vida das populações se deterioram e *Questões Ambientais*, significa que, com o meio ambiente degradado, o ser humano abrevia o seu tempo de vida, a economia não se desenvolve, o futuro fica insustentável¹.

A segunda preocupação do estudo, está ligada com aspectos didáticos que possam contribuir para a melhoria da qualidade da educação. Com este propósito, pretende-se através do estudo Quantitativo e comparativo do rendimento térmico dos fogões arrolar experiências simples e concretas que podem ser usadas para a demonstração experimental de algumas grandezas físicas, relacionadas com fenómenos térmicos estudados na 9^a e 12^a classe.

1.2.1.Pergunta de pesquisa

✓ *O que se pode afirmar quanto a eficiência térmica do fogão tradicional de õboca quadradaö em relação ao fogão õMbaulaö.*

1.3.Hipóteses

- ✓ Um estudo quantitativo e comparativo da eficiência térmica dos fogões tradicional de õboca quadradaö e fogão õMbaulaö através do TFA permite estabelecer um juízo de valores;
- ✓ A realização de um conjunto de testes com os dois fogões pode ser fundamental no estudo da eficiência térmica;
- ✓ A determinação do rendimento térmico do fogão tradicional de õboca quadradaö e do fogão õMbaulaö pode auxiliar o estudo.

¹ Disponível em : <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cr%C3%A9ditos_de_carbono> acessado em 10/04/2013.

1.4.Objectivos do trabalho

1.4.1.Geral:

- ✓ Fazer um estudo quantitativo e comparativo da eficiência térmica do fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e do fogão *õMbaulaõ* através do Teste de Fervura da Água (TFA).

1.4.2.Específicos:

- ✓ Efectuar um teste para determinar a eficiência térmica com o fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e o fogão *õMbaulaõ* na fervura da água;
- ✓ Apresentar uma base de dados para estimar a quantidade de carvão usado no fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e no fogão *õMbaulaõ*.
- ✓ Determinar o rendimento do fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e do fogão *õMbaulaõ*;
- ✓ Comparar os resultados obtidos nos dois fogões com base em tabelas e gráficos.

1.5.Delimitação da Pesquisa

A prática agrícola, o aumento demográfico, factores sociais e económicos constituem as principais causas do desmatamento e, inclui em primeiro lugar, os factores tecnológicos relacionados com a baixa eficiência dos instrumentos utilizados para a queima de combustíveis lenhosos - SITOIE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012:9).

O carvão vegetal, utilizado particularmente nas zonas urbanas é derivado de abate indiscriminado de florestas nativas sem reposição das árvores abatidas. A sua exploração é insistentemente feita por via de métodos tecnológicos menos eficientes e tradicionais, quer dizer, um consumo baseado em fogões a carvão vegetal, pouco eficaz - SITOIE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012:24).

Até 2007, pelo menos mais de 40 tipos de fogões considerados melhorados, foram produzidos pelas populações e identificados pela ADEL ao nível da província de Sofala. Um desses fogões é o *õMbaulaõ* produzido pela Associação Comunitária de Gestão dos Recursos Naturais denominada CANHANDULA, localizada no distrito de Dondo. Apesar das vantagens referidas pela ADEL ó Sofala, as populações continua a usar o fogão tradicional de *õboca quadradaõ*. Diante deste comportamento, esta pesquisa vem propor uma base de dados que podem ser usados pelos utentes

dos fogões e através da determinação do rendimento térmico, arrolar experiências que podem ser usadas para demonstração de algumas grandezas físicas estudadas na 9^a e 12^a classes.

1.6. Enquadramento do Trabalho

Na actual conjuntura social política e económica, pretende-se () encontrar novas formas de desenvolvimento económico, sem a redução dos recursos naturais e sem danos ao meio ambiente - BARBOSA, (2008:2-3).

Segundo SACHS (1993), *apud* BARBOSA, (2008:8), a sustentabilidade social ó refere-se () a melhoria da qualidade de vida da população. Para o caso de países com problemas de desigualdades e de inclusão social, como é o caso de Moçambique, òmplica a adopção de políticas distributivas e a universalização de atendimento a questões como saúde, educação, habitação e segurança social (...).

De acordo com ELKINGTON (2001) *apud* ESTEBDER e PITA, no seu artigo intitulado òO conceito do Desenvolvimento Sustentável (s/d. p.7), sustenta:

() não basta contar o número de árvores para se avaliar seu capital natural, é preciso avaliar, entre outros aspectos, a riqueza natural que sustenta o ecossistema da floresta, os benefícios por ela gerados, a flora, a fauna e os produtos deles extraídos, que podem ser comercializados. Para tal, o desenvolvimento sustentável deve ser visto como resposta para os problemas de uso irracional dos recursos naturais, através do consumo dos recursos existentes de forma coesa, economicamente eficaz e ecologicamente viável.

A eficiência energética é uma das características fundamentais que se toma em consideração na escolha e utilização de qualquer dispositivo. O fogão tradicional de *òboca quadrada* bem como o fogão melhorado *òMbaula* não fogem a regra. Vassilca Joaquim Jeremias, no seu artigo òEnergias Renováveis. Uma alternativa Sustentável para Electrificação Rural em Moçambique, defende nos seguintes termos:

òA eficiência pressupõe a implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia ao longo do processo de transformação: desde que a energia é transformada e, mais tarde, quando é utilizada. A eficiência energética acompanha todo o processo de produção, distribuição e utilização de energia ó JEREMIAS (2008:6).

Alfiado Victorino, também escreve no seu artigo *Estudo Sobre o fogão a Carvão Vegetal e o ensino da Física em Moçambique*, que:

O rendimento de um sistema qualquer é uma grandeza que caracteriza a sua eficiência e é dado pela razão entre a energia útil e a energia motora (fornecida). O rendimento (η) do fogão a carvão vegetal é dado pela relação entre a quantidade de calor utilizado efectivamente (Q_{ef}) para fim previsto (cozinhar) e a quantidade de calor libertado (Q_{lib}) durante a combustão, (VICTORINO; 1995:13).

Nota-se então que no processo de confecção de alimentos com base nos fogões, parte da energia calorífica é desperdiçada. Sendo a eficiência uma grandeza fundamental para avaliar o desempenho de uma máquina, este estudo determina quantitativamente e comparativamente o rendimento térmico para verificar o comportamento do fogão tradicional de *boca quadrada* e do fogão *Mbaula*. A determinação quantitativa do rendimento como característica da eficiência dos fogões, enquadra-se como um elemento que permite propor uma base de dados que podem ser usados pelos utentes dos fogões.

Através da determinação do rendimento térmico pretende-se arrolar experiências que podem ser usadas para demonstração de algumas grandezas físicas estudadas na 9^a e 12^a classes.

CAPÍTULO II - QUADRO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de pesquisa

O tipo de pesquisa adoptado foi experimental com uma abordagem quantitativa onde os dados foram apresentados em gráficos e tabelas no Capítulo IV e analisados no Capítulo V. Foram tomadas como técnicas a observação, leitura bibliográfica, experimentação e o inquérito.

2.2. Pesquisa experimental

Este tipo de pesquisa consistiu na colecta de dados quantitativos através de (10) experimentos que consistiram no TFA onde se media a quantidade de carvão antes e depois da ebulição de 1,5 litros de água. Mediu-se também o tempo para combustão inicial necessária para a colocação das panelas ao lume, o tempo de ebulição e a quantidade de água evaporada quinze (15) minutos depois do início da ebulição. A eficiência térmica dos fogões foi calculada com base no calor produzido pelo carvão usado, contra o calor necessário para ferver e evaporar a água.

2.3. Técnicas usadas na recolha de dados

2.3.1. Observação

Segundo MARCONI e LAKATOS (2002:88) este método não só consiste em ver e ouvir, mas também em examinar factos ou fenómenos que se desejam estudar. Neste aspecto, observou-se os hábitos, costumes, critérios e procedimentos que as populações usam para a confeição dos alimentos. Observou-se também as quantidades médias de carvão usadas por dia e onde este combustível é adquirido. Com base nesta técnica foi possível registar a quantidade média diária de carvão que é vendido nos estaleiros. Durante o TFA, observou-se qual dos dois fogões de *õboca quadradaö* e o *õMbaulaö* é o mais eficiente e tem maior rendimento térmico.

2.3.2. Leitura Bibliográfica

Recorre-se fundamentalmente fontes literárias e artigos disponíveis na *internet* com maior destaque as obras de REGUEIRA (2010), SANGA (2004) e VICTORINO (1995), onde foram retiradas informações sobre a comparação quantitativa e da eficiência térmica dos fogões a carvão vegetal e a descrição das fórmulas de cálculo dos calores envolvidos para a determinação experimental do

rendimento térmico de um fogão a carvão vegetal. As fontes estão identificadas ao longo do trabalho e na respectiva bibliografia.

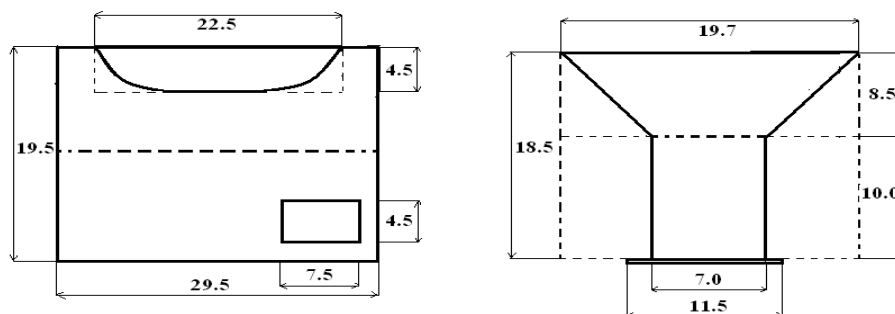
2.3.3. Experimentação

Consistiu na realização de dez (10) testes usando os seguintes instrumentos e materiais: 1 Balança electrónica digital; 2 Termómetros; 1 Cronómetro; 1 Fogão tradicional de *õboca quadrada*; 1 Fogão melhorado *õMbaula*; 2 panelas de igual volume; 50Kg de carvão vegetal da espécie Missasa; 40 Litros de água; 1 pega ó fogo; 2 jarros em forma de funil; 2 tigelas plásticas; 1 garrafa de água de 1,5 litros, 1 garrafa de água de 0,5 litros e 1 caixa de fósforos.

2.3.3.1. Procedimento experimental

De acordo com VICTORINO (1995:25-27), o procedimento experimental para a determinação do rendimento térmico de um fogão a carvão vegetal, inclui onze (11) etapas que a seguir se descrevem: 1º ó *Preparação inclui*: - Anotação das condições climatéricas (temperatura do ar, ocorrência de vento e ou chuva); - Desenho esquemático da panela e do fogão a ser testado.

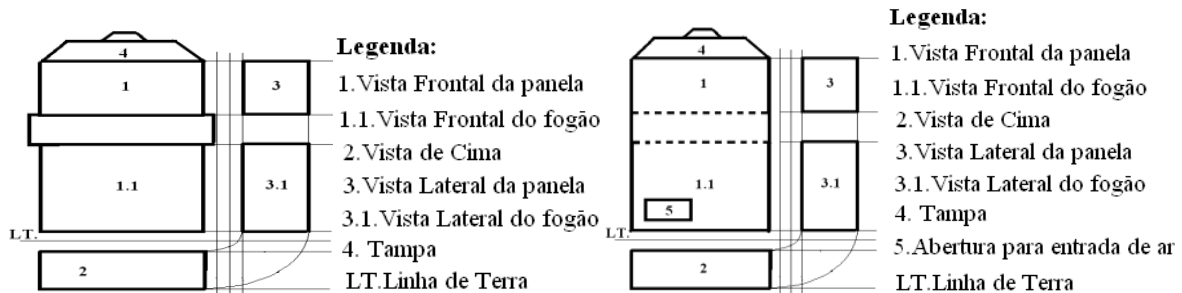
Figura 1: Medidas do fogão *õMbaula* (à esquerda) e fogão tradicional de *õboca quadrada* (à directa).



Fonte: Autor

2º ó Toma-se uma quantidade de carvão. Pesar e registar na folha de dados; 3º ó Pesar a panela com a respectiva tampa e registar os dados na folha de dados. Encher a panela com 2/3 de água da sua capacidade, recolocar a tampa, pesar e registar o novo peso;

Figura 2: Representação esquemática do fogão tradicional de *ôboca quadrada*, panela com tampa (à esquerda) e do fogão melhorado *ôMbaulaö*, panela com tampa (à direita).



Fonte: Autor

4º ó Fixar um termómetro na panela (no caso concreto deste trabalho, não se fixou o termómetro mas sim, com auxilio da mão fez-se a leitura ao longo dos testes). Registrar a temperatura da água; 5º ó Acender o carvão. Registrar o momento exacto do começo; 6º ó Registo regular de: - Temperatura de água na panela; - Massa do carvão adicionado e - Qualquer acção tomada no controle do fogo. 7º ó Registrar o tempo em que a água começa a ferver. Manter o fogo no mesmo nível de Alta Potência.

Figura 3: Momento após de acender (1), combustão inicial necessária (2) e colocação das panelas (3)



Fonte: Autor

6º ó Registo regular de: - Temperatura de água na panela; - Massa do carvão adicionado e - Qualquer acção tomada no controle do fogo. 7º ó Registrar o tempo em que a água começa a ferver. Manter o fogo no mesmo nível de Alta Potência.

Tabela 1: Tempo decorrido para ebulição da água e quantidade de carvão adicionado durante o experimento.

Exp	F.T.	F.M.
	t(min)	t(min)
1°	20	18
2°	34	20
3°	30	18
4°	26	20
5°	22	18
6°	26	20
7°	26	14
8°	26	18
9°	18	12
10°	22	16
Média	25min	17,4min

Exp.	F.T.	F.M.
	m (g)	m(g)
2°	398	398
3°	406	406
4°	391	391
5°	324	324
6°	331	331
7°	318	318
8°	365	365
9°	329	329
Total	2862	2862

Fonte: Autor

8° ó Quinze (15) minutos depois do início da fervura, seguir os seguintes passos:

- Anotar o tempo;
- Registrar a temperatura da água na panela;
- Pesar a panela com água incluindo a tampa;
- Remover todo o carvão do fogão e pesar;

Figura 4: Um dos momentos da medição da temperatura da água e pesagem do carvão que sobrava 15 minutos depois da combustão vigorosa.



Fonte: Autor

Devolver o carvão ao fogo; 9° ó Nos seguintes 60 minutos manter o fogo a um nível suficiente para manter a água na panela 2°C abaixo da temperatura normal de ebulição. Usar a menor quantidade possível de carvão e evitar a ebulição vigorosa (este passo não foi observado no decorrer deste estudo). Continuar a executar todas as ações do passo 6; 10° ó Recolher, pesar (e registrar) o carvão quente; 11 ó Pesar e registrar a água restante na panela;

Tabela 2: Quantidade de carvão sobrado e Quantidade de água sobrada no fim do experimento.

Exp.	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	240	237
2º	228	203
3º	301	277
4º	378	352
5º	346	334
6º	356	350
7º	390	346
8º	366	344
9º	367	300
10º	372	306
Média	334,4	304,9

Exp.	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	1099	1096
2º	1207	1134
3º	1191	1122
4º	1269	1167
5º	1175	1085
6º	1215	1131
7º	1245	1080
8º	1179	1040
9º	1177	1037
10º	1153	1066
Total	11910	10958

Fonte: Autor

No trabalho que ora se apresenta o teste é repetido dez (10) vezes e os resultados são resumidos estatisticamente no Capítulo IV de Apresentação dos Resultados.

2.3.4. Inquérito

O inquérito é um dos instrumentos mais utilizados no domínio da investigação aplicada nomeadamente na área social, escreve FERREIRA, e CAMPOS, s/d, p. 3. No caso, refere-se a um estudo de uma parte da população do 7º Bairro de Chipangarra, cidade da Beira, com o objectivo de estudar atitudes, hábitos e preferências da população relativamente a questões relacionadas como os instrumentos e tipos de combustíveis usados para a confecção de alimentos. No inquérito, usou-se um questionário que foi dirigido aos vendedores de carvão nos estaleiros e moradores de Chipangarra, (vide os inquéritos no apêndice). O resultado do referido inquérito pode ser visualizado na **Tabela 3** abaixo e foram analisados no Capítulo V de Análise e Discussão dos Resultados:

Tabela 3: Resultados do inquérito realizado com os moradores e vendedores de carvão vegetal nos estaleiros do bairro de Chipangarra, cidade da Beira.

Pg.	Opções das respostas dos moradores								Pg.	Opções das respostas dos vendedores						
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7
1	1	33	5	1	5	8	1	-	1	-	1	1	7	-	-	
2		26	20	6	2	1	-	-	2	-	8	-	2	-	-	
3	2	40	1	1	2	8	-	-	3	-	-	2	8	-	-	
4	-	-	4	46	2	2	-	-	4	3	7	-	-	-	-	
5	3	12	39	-	-	-	-	-	5	-	2	2	-	6	-	
6	2	2	2	4	44	-	-	-	6	6	-	-	4	-	-	
7	14	45			-	-	-	-	7	7	2	1	-	-	-	
8	8	2	2	2	-	-	-	-	8	8	1	-	1	-	-	
9	2	8	2	2	-	-	-	-	9	1	-	8	1	-	-	
10	2	2	-	-	34	16	-	-	10	4	-	-	-	6	-	
11	2	15	-	-	37	-	-	-	11	-	7	-	-	3	-	

Fonte: Autor

A análise das respostas dadas pelos moradores do 7º bairro de Chipangarra e vendedores de carvão vegetal nos estaleiros, estão apresentados no respectivo Capítulo V.

2.4. Variáveis

As variáveis quantitativas e qualitativas usadas para a realização deste trabalho são as seguintes: *Forma e o tamanho dos fogões* ó como é que a forma (quadrada ou redonda) e o tamanho (menor ou maior) do fogão influenciam no TFA; *Material usado para a construção dos fogões* - como é que o tipo de material usado para a construção dos fogões influencia na eficiência e desempenho de cada um dos fogões; *Quantidade de carvão usado durante o teste* - até que ponto a quantidade do carvão influência no rendimento do fogão; *O ambiente onde decorre o experimento* - se no ar livre ou na varanda ou no interior da casa, se numa cozinha caseira, qual o comportamento do fogão; *Duração da experiência* - quanto tempo durará o TFA; *Durabilidade dos fogões* - quanto tempo o fogão de *õboca quadrada* e um fogão melhorado *õMbaula* podem levar em termos de vida útil? *Manuseamentos dos fogões* - como são manuseados os dois tipos de fogões durante e depois da utilização?

2.5. Amostragem e critério de selecção

Fez-se uma amostragem por *conveniência*² para a obtenção de todos elementos necessários para o trabalho. Os inquiridos e envolvidos foram seleccionados e seguidamente identificados dias e horas próprias para obter informações. O trabalho abrangeu 54 famílias do 7º bairro ó Chipangarra, cidade da Beira que foram previamente identificadas, com o auxílio das autoridades locais, um (1) agente da ADEL-Sofala, 10 (dez) vendedores de carvão nos estaleiros do bairro de Chipangarra e um (1) membro da Associação Comunitária de Gestão dos Recursos Naturais ó CANHANDULA, distrito de Dondo. Por tanto, o estudo englobou um universo populacional de 66 pessoas.

² (í). Frequentemente os respondentes são seleccionados porque eles encontram-se no lugar certo a hora certa. É empregada quando se deseja obter informações de maneira rápida e barata - (KUMAR, Haris, et all, 2007: 115).

CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1.Revisão bibliográfica

Vários estudos já foram efectuados em relação a esta temática. ADEL ó Sofala considera o fogão *õMbaulaö* como melhor de forma qualitativa. Nesta pesquisa, pretende-se comparar o rendimento do fogão *õMbaulaö* em relação ao fogão tradicional de *õboca quadradaö* e apresentar de forma quantitativa os resultados obtidos no estudo.

Usando o WBT, VICTORINO (1995) comparou dois fogões, de *õboca quadradaö* e um *õprotótipoö* (um fogão feito de paredes que impedem a penetração de ar e uma base localizada na parte interior do fogão). Os testes foram realizados em Alta Potência (AP) e Baixa Potência (BP) fervendo 1,75kg de água usando panelas com a mesma capacidade.

Os resultados obtidos no estudo de VICTORINO (1995), indicam que o fogão de *õboca quadradaö* apresenta altos valores de consumo de carvão por unidade de água evaporada e um rendimento estimado de 22,3%. O *õprotótipoö* construído exibiu baixos valores de consumo de carvão por unidade de água evaporada e alto rendimento estimado em 31,5% em comparação ao fogão de *õboca quadradaö*.

Neste trabalho, a comparação é feita com dois fogões, o tradicional de *õboca quadradaö*, mais usado na cidade da Beira e o fogão melhorado *õMbaulaö*, produzido pela associação CANHANDULA, através da ADEL-Sofala. O estudo será feito por meio de TFA, apenas em Alta Potência (AP), usando 1,5kg de água com duas panelas com a mesma capacidade.

É com base no estudo de VICTORINO (1995) que se estima o dinheiro economizado por ano pelas famílias moçambicanas, e o número de árvores que podem ser evitadas para abate como consequência da produção de carvão, se a população adoptar o fogão *õMbaulaö* como meio de cocção dos alimentos.

REGUEIRA (2010), usou um modelo de ecofogão tipo *õCampestre 2ö* da empresa *õECOFOGÕES ó Fogões a Lenha Ecológicos³ö* que possui a combustão americana do tipo *õRocket Stoveö* com uma chapa de ferro fundida com duas bocas e uma Chaminé. O outro modelo de fogão com que

³ Disponível em: <www.ecofogão.com.br> [Acesso em 04 de Junho de 2013de 2013].

REGUEIRA (2010) comparou, foi construído na própria residência onde se efectuou o estudo e possui o formato de *õÜö*, com uma chapa de ferro com duas bocas e uma chaminé. REGUEIRA, usou também o TFA para evaporar por completo toda a água que existia na primeira panela e controlar o tempo decorrido.

No caso deste trabalho, após a ebulição da água, deixa-se 15 minutos de uma ebulição vigorosa e mede-se a água que sobra e calcula-se a diferença da água inicial e final para obter a água evaporada.

Outro autor que desenvolveu o tema em estudo foi SANGA (2004). Ao avaliar o desempenho de fogões a carvão vegetal, SANGA (2004), citando DUTT e RAVINDRANATH (1993), apresenta resultados de testes de TFA para 12 fogões. Segundo os autores, a maioria dos fogões apresentam eficiência superior a 40% no teste de AP. O estudo mostra também que os fogões tradicionais que não apresentam um controlador de ar (como é o caso do *boca quadrada*) têm uma eficiência média de 42%, a passo que os que apresentam um controlador de ar como o *õMbaulaö* tem uma eficiência acima de 45%.

No seu estudo, SANGA (2004) concluiu que o carvão vegetal é a alternativa mais barata para a cocção em relação aos outros combustíveis comerciais e garante assim sua existência ainda por muito tempo no futuro. ãA utilização de fogões eficientes, é a intervenção mais favorável em respeito ao custo por unidade de energia produzida e contribui na redução da taxa de emissão de CO₂, responsável para poluição atmosférica.

Neste trabalho pretende-se, através do estudo levado a cabo por SANGA (2004), calcular o rendimento dos dois fogões para disseminar e incentivar o uso do fogão *õMbaulaö* pelas populações com vista a reduzir os níveis de desmatamento, poluição atmosférica e conseqüente contribuição para a redução do aquecimento global e diminuição dos efeitos do buraco do ozono.

MATAVEIA (2011) fala do potencial energético de biomassa em Moçambique. Neste trabalho, os valores de potencial de biomassa são usados para ilustrar qual é a capacidade global de energia da biomassa que Moçambique possui e como ela tem sido explorada/consumida anualmente. A partir dos resultados encontrados, o estudo de MATAVEIA (2011) serve de base para a estimação do número de famílias moçambicanas que consomem carvão e lenha.

SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012) referem que (í) um estudo sobre os custos de diferentes fontes de energia conduzido na Cidade da Beira, revelou que o carvão era a fonte mais cara (comparada com a electricidade e o gás) por unidade de energia. Entretanto, parece que o investimento inicial para a compra do fogão constitui a limitante principal para a transição para esta fonte de energia.

Este estudo de SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFF (2012) serviu como base para inquirir a amostra seleccionada de modo a obter os dados sobre o consumo de energia eléctrica, gás, petróleo e a energia proveniente da biomassa sólida (lenha e carvão), os gastos médios mensais e anuais.

BARBOSA, (2008) fala do conceito de sustentabilidade como uma medida que ãmplica a adopção de políticas distributivas e a universalização de atendimento a questões como saúde, educação, habitação e segurança social (...)ö. Nesta pesquisa, usou-se este artigo para perceber como a sustentabilidade dos recursos energéticos devem ser abordados, prevenindo ao mesmo tempo a questão de desmatamento e poluição ambiental, resultante da produção de carvão vegetal.

A questão de sustentabilidade também é discutida por ESTEBDER e PITA, no seu artigo intitulado ãO conceito do Desenvolvimento Sustentávelö (s/d. p.7). Este artigo também vem ajudar a discutir o conceito de sustentabilidade olhando, entre outros aspectos, a riqueza natural que sustenta o ecossistema da floresta, os benefícios por ela gerados, a flora, a fauna e os produtos deles extraídos, que podem ser comercializados.

JEREMIAS (2008), no seu artigo ãEnergias Renováveis. Uma alternativa Sustentável para Electrificação Rural em Moçambiqueö fala de eficiência energética. E como o estudo comparativo, ocorre também abordando a eficiência como grandeza física, fez parte do estudo.

FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011) faz uma abordagem de consumo de energias em Moçambique. O autor afirma que até 1970 a maior parte da população moçambicana vivia em zonas rurais ó somente 9% em zonas urbanas e dependia do uso de combustíveis lenhosos. Actualmente, a taxa de urbanização é estimada em 31% da população com tendências de crescer, segundo projecções do Censo de 2007. Esta visão é considerada pertinente para o estudo que se pretende levar a cabo pois, se realiza numa das cidades moçambicanas, a cidade da Beira.

3.2. Biomassa - renovação e sustentabilidade

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) citado por REGUEIRA, (2010:03).

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 efectuado pelo ser humano é feito de forma compatível com sua capacidade de reposição. Dessa forma a sustentabilidade de algumas fontes renováveis depende do manejo efectuado. São consideradas fontes de energia renováveis: solar, eólica, biocombustíveis, biomassa e outros - REGUEIRA, (2010:03)

Segundo BACCHI (2006) citado por REGUEIRA, (2010:03) a energia renovável mundial representa 20% do consumo total de energia, sendo 14 vindo da biomassa. 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. Esse processo referido por REGUEIRA ocorre além da lenha, também no carvão vegetal que inclui este estudo.

3.3. Processo de produção de carvão na província de Sofala

De acordo com VICTORINO (1995:17) a produção de carvão vegetal era realizada principalmente nos distritos de Dondo e Nhamatanda. No abate inclui-se árvores novas e velhas, verdes e secas de todas espécies, exceptuando Umbila, Møsimba e Nkarate por serem espécies madeiras. Estes dados ultrapassam a realidade actual, uma vez que, de acordo com os vendedores de carvão inquiridos nos estaleiros do bairro de Chipangara, actualmente o carvão vendido também é derivado das espécies tal como Umbila, Møsimba e Nkarate que antes eram protegidas.

De acordo com o estudo efectuado por VICTORINO (1995:23), os dados sobre ao processo de produção de carvão na região de Jasse, distrito de Nhamatanda, observados em Julho de 1994, mostravam o seguinte cenário:

Tabela 4: Produção de carvão vegetal na província de Sofala

Nº de ordem	Forno de	Árvores abatidas	Produção	
			Sacos	(kg)
01	Filipe	16	24	1200
02	Lucas	19	18	900

Fonte: Extracção da **tabela número 1** do artigo de VICTORINO (1995:23)

VICTORINO (1995:23), escreve que para obtenção de 1m³ de madeira para posterior carbonização, são necessárias em média 1,4 árvores. A produção de um saco de carvão (de aproximadamente 50kg) requer um volume de 0,6m³. Para a obtenção de uma tonelada de carvão vegetal são necessários 12m³ de madeira aproximadamente. De acordo com o artigo de VICTORINO:

Até 1995, os carvoeiros tinham de marchar durante 30 minutos para o posterior fim de encontrar as primeiras zonas da floresta, favoráveis à sua actividade. E nessa altura, outros já preferiam penetrar mais, atravessando a estrada que liga Inchope e Gorongoza por ser zonas onde a densidade arbórea (árv./m²) se apresentava relativamente elevada.

3.4. Tipo de carvão usado na cidade da Beira, província de Sofala

O carvão faz parte da biomassa sólida. Ele pode ser definido como um material sólido, poroso, de fácil combustão e capaz de gerar grandes quantidades de calor (6.800Kcal/Kg) - BARCELLOS, (2002:17). De acordo com estudos feitos pela ADEL ó Sofala, identificam-se três principais tipos de carvão vegetal na província de Sofala que são: Malacha, Missasa e Tsaula. O estudo refere que, o carvão Tsaula é um tipo que não apresenta brilho, tem massa considerável e é difícil de esmagar com as próprias mãos. Tem uma desintegração rápida comparativamente ao Missassa e o Malacha. A quantidade de combustão necessária para confeccionar os alimentos é cerca de seis minutos. O Malacha, apresenta uma massa considerável, duro e tem brilho. É também difícil de esmagar com as próprias mãos, emite mais fumo em relação ao Tsaula e este por sua vez, emite mais fumo comparando com o Missassa. O Malacha é o mais lento, levando cerca de 20 minutos para a combustão necessária para colocar a panela ao lume. A sua maior desvantagem é que este tipo de carvão emite também enormes quantidades de fumo em relação ao Tsaula e gasta muito tempo durante a confecção dos alimentos. A pesquisa levada a cabo pela ADEL - Sofala concluiu que o carvão Missassa é o mais vantajoso, levando cerca de 8 minutos para atingir a combustão necessária

para colocar a panela ao lume. Este tipo de carvão, emite menos fumo comparativamente ao Malacha e ao Tsaula. Não se desintegra com maior facilidade e conseqüentemente emite poucas quantidades de **CO₂** para atmosfera. Foi com base no estudo da ADEL que se escolheu o carvão tipo Missassa para realização do estudo quantitativo e comparativo dos dois fogões, de *õboca quadrada* e *õMbaula*.

A ADEL-Sofala indica que o carvão usado pelas populações na cidade da Beira prove fundamentalmente de Mutindire (42) seguido de Mafambisse (24), Nhamabaua (16), Matenga (11), Nhangau (2) e Cerrâmica (2), respectivamente. O estudo refere que 94% da produção é feita pelos homens e apenas 6 por cento pelas mulheres. Essa produção é feita de forma insustentável. Estes números vêm confirmar a afirmação de VICTORINO (1995:23) que ãnessa altura, outros carvoeiros já preferiam penetrar mais, atravessando a estrada que liga Inchope e Gorongoza por ser zonas onde a densidade arbórea (árv./m²) se apresentava relativamente elevaã.

3.5. Testes de eficiência no consumo e na produção de combustíveis

3.5.1. Eficiência de fogões

DUTT e RAVINDRANATH (1993) citado por SANGA, (2004:21) mencionam três testes padronizados para medir a eficiência de fogões:

Teste de Fervura de Água (TFA), Teste de Cozedura Controlado (TCC) e Teste de Desempenho na Cozinha (TDC). No teste de TFA, usa-se uma predeterminada quantidade de água e o consumo de combustível. A eficiência de um fogão é calculada pela razão entre o calor absorvido pela água na panela $E_{\text{absorvido}}$ (inclusive calor latente de água vaporizada, E_{latente}) e o Poder Calorífico Superior do Combustível (PCS) - (quantidade de calor libertada pela combustãõ completa de uma quantidade em volume ou massa de um combustível, quando queimado completamente em uma determinada temperatura, levando-se os produtos da combustãõ, por resfriamento, à temperatura da mistura inicial na qual o vapor da água é condensado e o calor recuperado) como apresentado na equaçãõ:

$$\eta = \frac{E_{\text{absorvido}} + E_{\text{latente}}}{PCS} \quad \text{Eq.1}$$

De acordo com SANGA, (2004:21), nos testes de TCC, vários fogões são testados na preparação de uma refeição típica da região.

A comparação é feita entre vários fogões em relação a quantidade de energia consumida (em MJ) e a massa de refeição preparada em quilogramas. Estes testes, como são realizados em condições controladas, não apresentam as condições de cozimento encontradas na prática. Por tanto, não refletem o consumo real de combustível, pois é improvável que os fogões sejam utilizados em condições semelhantes como nestes testes. Os TDCs são os testes realizados para avaliar o consumo de combustível em certo número de domicílios seleccionados pelos critérios estatísticos, normalmente 100 ou mais amostras. Os resultados destes testes é a quantidade de energia consumida por pessoa por dia, em MJ - SANGA, (2004:21).

Dada a fiabilidade dos resultados que os TFA apresentam, foram usados neste trabalho para determinar quantitativamente o rendimento, tal como sustenta VICTORINO (1995) dizendo:

O rendimento (η) de um sistema qualquer é uma grandeza que caracteriza a sua eficiência e é dado pela razão entre a energia útil e a energia motora fornecida ao sistema. O rendimento do fogão a carvão vegetal é dado pela relação entre a quantidade de calor utilizado efectivamente para o fim previsto (cozinhar) (Q_{ef}) e a quantidade de calor libertado durante a combustão (Q_{lib}).

$$\eta = \frac{Q_{ab} + Q_{vap}}{Q_{lib}} \quad \text{Eq.2}$$

Onde: Q_{ab} é a quantidade de calor absorvido; Q_{vap} é a quantidade de calor vaporizado e Q_{lib} é a quantidade de calor libertado durante a combustão.

No trabalho que ora se apresenta, o rendimento do fogão a carvão vegetal foi calculado com ajuda do teste de fervura da água que VICTORINO (1995) chamou de (WBT).

SANGA, (2004 22) citando DUTT e RAVINDRANATH (1993) apresenta resultados de TFA para 12 tipos de fogões, realizados por Eartnst Sangen e Piet Visser da Universidade Tecnológica de Eindhoven, na Holanda. SANGA, (2004:22) refere que a maioria dos fogões apresenta eficiência superior a 40% no teste de Alta Potência, conforme apresentado na **tabela 4**. O teste de Alta Potência é realizado pelo aquecimento e fervura de água em 30 minutos, controlando a potência pelo ajuste de fluxo de ar na câmara de combustão. No teste TFA de Baixa Potência, a água é fervida lentamente por 60 minutos enquanto reduzindo o fluxo de ar na câmara de combustão. Neste trabalho o teste realizado foi de Alta Potência e a duração de cada um foi de 41 minutos, sendo os primeiros 26 até a

fase da ebulição e os restantes 15 minutos de controlo de vaporização. Os resultados estão descritos no Capítulo IV.

Tabela 5: características de fogões a carvão vegetal em nove países

Fogão	Controlador de ar	Potencia (KW)		Eficiência(%)	Razão de CO/CO ₂ nos gases		Tempo até ebulição (minutos)
		Alta	Baixa		Alta	Baixa	
DUB 9 - Burundi	sim	2,0	0,9	43,1	0,12	0,10	40
Fog. Efiect. - Haiti	sim	2,0	0,6	45,6	0,12	0,15	35
Fog. Trad - Etiópia	não	0,9	-	43,0	0,12	-	75
CEPPE - Etiópia	não	2,5	-	45,1	0,10	-	25
Sakknal - Senegal	sim	2,4	1,5	29,3	0,16	0,13	60
Feu Magache-Sael	Não	1,8	-	29,2	0,12	-	65
Fog. Efiet Coalpot	Sim	3,5	1,2	25,0	-	-	25
Fog. Tradic. -Sudão	Não	1,7	-	41,5	0,14	-	55
Fog.Bd.Trd. -Tailad	Sim	3,6	2,0	45,0	0,10	0,06	25
Fog.Bd.Efi. -Tailad	Sim	4,0	0,8	48,6	0,04	0,06	25
Fog.UNICEF. - Quenia	Sim	3,5	1,1	37,7	0,05	0,09	30
Fog. KENGO - Quenia	Sim	2,8	1,6	45,2	0,08	0,07	30

Fonte: SANGEN e VISSER (1986) em DUTT e RAVINDRANATH, citados por SANGA, (2004:22).

De modo geral, a eficiência nominal de fogões aumenta progressivamente na seguinte ordem: lenha, carvão vegetal, querosene, **GLP** e energia eléctrica - escreve REDDY, 1997, KAMMEN, (1995), WEC, (1999), todos citados por SANGA, (2004:22). Foi extraída apenas uma parte da tabela para ilustrar os dados de carvão vegetal.

Tabela 6: Eficiência nominal de fogões e combustíveis

Combustível	Tipo/construção do fogão	Eficiência (%)		Aceitáveis
		Laboratório	campo	
Carvão Vegetal	Barro/argila	20-36	15-25	15
	Metal com fornalha de cerâmica	18-18	20-35	25

Fonte: Extracção na obra de SANGA, (2004:23). Autor: KAMMEN (1995) citado por WEC (1999).

Segundo SANGA, (2004:23), a **tabela 6** mostra a eficiência de fogões medida no laboratório e nas condições reais de uso, varia mais do que os valores indicados nesta tabela. Há diversos factores que afectam a eficiência como, por exemplo, o tamanho de fogão, tipo de panela, clima, quantidade de combustível e práticas de cozimento.

3.6. Factores determinantes na escolha de combustíveis

A escolha de algum tipo de combustível é complexa e dinâmica, escreve SANGA, (2004:45), citando DAVIA (1998) *apud* LEACH (1987) e lista quatro factores mais importantes na escolha de combustível. São eles: renda familiar, preço relativo dos combustíveis, custos de fogões e disponibilidade de combustível. Em alguns casos, a escolha de combustível é feita de maneira que ela garanta a segurança da oferta de outra fonte de energia.

Por exemplo, JANNUZZI (1991) citado por SANGA, (2004:45), salienta que fogões a lenha são utilizados nas áreas faveladas para aquecimento, água para banho porque a utilização de chuveiros eléctricos causa quedas de tensão, queima de fusíveis e, conseqüentemente, interrupções de serviços de energia eléctrica nas unidades residenciais. Neste caso, a utilização de lenha era uma estratégia para minimizar riscos na oferta de energia eléctrica, que é insegura nas áreas faveladas devido às conexões ilegais e ao baixo padrão técnico das instalações. Outro exemplo ocorre nas Filipinas, onde mostra que a lenha e carvão vegetal são mantidos em estoque como combustível de emergência, no caso da falta de GLP - escreve WEC (1999) citado por SANGA, (2004:45-46).

O preço dos combustíveis é também importante na escolha. DAVIS (1998) citado por SANGA, (2004:46), mostra que o uso de combustíveis múltiplos é comum em domicílios de baixa renda como uma estratégia orçamentária de economia familiar. A população de baixa renda é muito sensível às variações de preço. Quando algum tipo de combustível torna-se mais caro, a lenha é o substituto favorito. Na preparação de refeições que consomem mais energia, as opções mais baratas são escolhidas.

JANNZZI (1991), citado por SANGA, (2004:46), mostra que a população de baixa renda prefere o uso de fogão a lenha como meio de cocção de feijão e de outros alimentos de longo tempo de cozimento, porque custa mais barato do que a utilização do fogão a gás ou eléctrico. Em alguns casos, não obstante, o preço não é um determinante na escolha de combustível. Numa vila da Serra Leoa, dois terços das famílias não trocariam a lenha por outros combustíveis devido à facilidade que o fogão a lenha oferece na preparação das comidas típicas da região, escreve WEC, (1999), citado por SANGA, (2004:46).

SANGA, (2004:46) citando MEHLWANA e QASE (1996), diz ainda que a escolha também depende da disponibilidade de combustível. Por exemplo, nas cidades de Joe Slovo e Khayelisha, na África do Sul, apesar de ser caro, o querosene é utilizado pela maioria de residências devido a sua

disponibilidade e vendas até em quantidades menores. LEACH e GOWAN (1987) em DAVIS (1998), todos citados por SANGA, (2004:46), revisando várias pesquisas sobre energia para cocção, resumem os factores que influenciam a oferta e a demanda de um determinado combustível na **tabela 7** abaixo:

Tabela 7: factores determinantes na escolha de combustíveis

Oferta	Demanda
Preço e disponibilidade de combustível	Renda familiar
Tempo e trabalho necessário na colecta e utilização de combustível	Número de pessoas na família
e utilização de combustível	Clima
Localização: Urbana ou peri-urbana	Cultura (dieta, modo de preparo de comidas)
Características de combustíveis	Custo e eficiencia de fogão

Fonte: LEANCH e GOWAN (1987) em DAVIS (1999) citados por SANGA, (2004:46).

3.7. Disseminação de fogões e fornos eficientes a biomassa

De acordo com SANGA, (2004:47), a utilização de fogões eficientes foi considerada como a medida ideal para conservar energia e diminuir desmatamento e emissão de gases poluentes. A maioria dos programas de fogões eficientes teve expectativas de atingir a eficiência térmica de 75% ou mais baseada em resultados dos testes laboratoriais. Contudo, a maior parte deles falhou técnica e socialmente porque não consideravam as condições de cocção em situações reais de uso (WEC:1999) citado por SANGA, (2004:47).

Foi comprovada também que a utilização dos fogões eficientes, todavia, não necessariamente diminui o consumo de combustíveis para a cocção porque a economia realizada pelos fogões eficientes é normalmente neutralizada pelo novo aumento no consumo. SANGA, (2004:47). DUTT e RAVINDRANATH (1993) citados por SANGA, (2004:47) mostram um exemplo dessa situação na Tailândia em que quando a família economiza em gastos para energia, aumenta gastos em outras necessidades, por exemplo, em compra de mais comidas que precisam de mais energia no seu preparo. Em muitos países, o sector informal é o mais envolvido na produção e comercialização de fogões. Todavia, as limitações no sector informal em termos de capacidade, qualidade e custos de produção impedem a maior disseminação destes tipos de fogões (EBERHARD, 1992), citado por SANGA, (2004:47).

SANGA, (2004:47), escreve que o desenvolvimento e a disseminação de fogões eficientes à biomassa começam nos anos 80. Executados por agências governamentais e não-governamentais, estes programas visam acelerar a transição para os combustíveis e tecnologias mais limpas a preços mais acessíveis. Alguns exemplos destes programas em China, Índia e Quênia são apresentados a seguir por SANGA, (2004:47).

3.8. Disseminação do fogão cerâmico do Quênia - (Denominado Fogão *õMbaulaõ* na Beira)

No Quênia, pelo menos 700 mil fogões eficientes, KCJ (Kenya Ceramic Juko ó Fogão Cerâmico Queniano), estão sendo utilizados em mais de 50% de residências urbanas e 16% das áreas rurais, escreve (UNDP, 2002) citado por SANGA, (2004:49). No caso da província de Sofala, de acordo com dados da ADEL-Sofala, desde 2006, apenas foram vendidos 20 mil fogões.

Os programas de disseminação destes fogões começaram em 1982. A disseminação de fogões eficientes KCJ é considerada um dos programas bem sucedido na região da África. Actualmente, a fabricação e comercialização dos fogões empregam cerca de 200 grupos de artesanato e a produção está numa taxa de 13 mil unidades/mês. A metodologia de disseminação destes fogões foi replicada em muitos outros países africanos, tais como Tanzânia, Sudão, Uganda, Zâmbia, Ruanda e Burundi- (KAMMEN, 1995) citado por SANGA, (2004:49).

De acordo com SANGA, (2004:49), com a expansão crescente do mercado, competição entre grupos de fabricantes e avanços tecnológicos, o preço unitário dos fogões caiu de 15 dólares para 1-3 dólares norte americanos, dependendo do tamanho, e qualidade do fogão.

O fogão KCJ, na **figura 5** abaixo utiliza o carvão vegetal. De acordo com EZZATTI e KAMMEN, (2002) citados por SANGA, (2004:49), é composto de uma parte cerâmica que actua como isolante de calor, possibilitando assim, a transferência à panela de 25% a 40% de todo calor produzido pela queima do carvão vegetal. A parte cerâmica absorve 20-40% do calor e 10-30% é emitido junto com gases de combustão. O KCJ é mais comum nas áreas urbanas, não obstante, sua utilização nas áreas rurais é limitada devido aos altos custos. Um fogão KCJ tem a vida útil de 1,5 ó 2 anos e custa em torno de 5 dólares norte americanos, que é relativamente mais caro para famílias de baixa renda - (EZZATTI e KAMMEN, 2002) citados por SANGA, (2004:49). Este preço (de 5 dólares americanos), é relativamente baixo com o que se pratica na cidade da Beira, pois varia entre 6 a 8 dólares, o equivalente a 250 a 350 meticais por unidade.

Figura 5: Fogão cerâmico queniano (KCJ). Na Beira, província de Sofala, este fogão foi apelidado por *õMbaulaõ*

Figura 13: Fogão cerâmico queniano (KCJ)



Fonte: REPP (2004)

Fonte: SANGA, (2004:50)

Mais recentemente, além da melhoria de eficiência na produção e consumo dos combustíveis para cocção, a importância dos fogões eficientes surgiu como uma medida para diminuir a poluição do ar em ambientes fechados. O maior número de fogões eficientes foi disseminado nos países que tiveram a participação significativa no sector privado na fabricação e comercialização dos fogões. O financiamento pelos governos, porém, foi necessário nas actividades, como treinamento, promoção e monitoramento de qualidade - SANGA, (2004:59).

Figura 6: Fogão eficiente de forma cilíndrica; fusão do fogão tradicional e KCJ (a esquerda); Fogão eficiente cónico com duas câmaras de isolante cerâmico (a direita).



Fonte: REPP (2004) citado por SANGA, (2004:78)

3.9.Substituição dos fogões tradicionais a carvão vegetal pelos mais eficientes

Segundo SANGA, (2004:104), considerando uma família de cinco pessoas, que utiliza somente o carvão vegetal em torno de 840kg/ano (168kg/ano per capita), a utilização de um fogão eficiente pode diminuir o consumo para 560kg por ano. Na hipótese de que o preço do carvão vegetal é de 0,12 dólares norte americanos por kg, a utilização de um fogão eficiente pode resultar numa economia de 36 dólares americanos por ano. Este significa um período de *payback* de menos de 2 meses para o fogão eficiente tanzaniano, que custa entre 3,5 a 4,5 dólares americanos e sem custos operacionais.

3.9.Caso de Moçambique e da província de Sofala

Segundo FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011:9), em 1970 a maior parte da população moçambicana vivia em zonas rurais ó somente 9% em zonas urbanas e dependia do uso de combustíveis lenhosos. Actualmente, a taxa de urbanização é estimada em 31% da população com tendências de crescer, segundo projecções do Censo de 2007.

As estatísticas actuais indicam que as principais fontes de energia doméstica em Moçambique são a lenha, carvão vegetal, gás, e electricidade. Vários factores têm sido relacionados com o acesso limitado à electricidade e com a pobreza energética, sendo uma delas, os níveis de rendimento a nível nacional e a nível dos agregados familiares - FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011:10)

Embora o Acesso Universal à Electricidade seja desejável, para atingi-lo até 2030, estima-se que a África subsaariana precisará de um investimento de 280 mil milhões de **USD** na infra-estrutura de fornecimento de electricidade, incluindo ligações residenciais. Esta meta ainda pode ser atingida, mas não será com a Electrificação convencional. A combinação de fornecimento de electricidade a partir da rede interligada, de pequenas redes locais e de sistemas autónomos, com o uso de recursos energéticos locais e tecnológicos não convencionais, é a melhor abordagem para acelerar o acesso a serviços modernos - FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011:10).

Segundo FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011:11-12), a necessidade urgente de reduzir a pobreza exige soluções energéticas que podem ser transitórias e de benefícios a curto prazo.

O nível de vida mínimo para agregados pobres, usando para a cozinha estimada por pessoa é de 1kg de lenha, 0,3 kg de carvão e 0, 2 litros de gás. Os custos unitários de lenha e carvão para cozinha,

purificação da água, aquecimento da água e aquecimento do ambiente estimam-se em 1 Dólar/Kwh - FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011:12-13).

Embora aproximadamente 90% da produção de carvão seja ilegal (não licenciada), estimou-se que ela emprega cerca de 3 milhões de pessoas entre 2005 e 2006. Por conseguinte, a produção, comércio e o uso da biomassa continuarão a fazer parte dos planos nacionais para o sector de energias renováveis e através de projecções de fogões melhorados e fornos de carvão, procurando melhorar a eficiência e reduzir os impactos negativos - FÁTIMA, SOLIANO, MARIEZCURRENA, (2011: 16).

3.10. Impacto da utilização do carvão vegetal e formas de minimização

Segundo REGUEIRA, (2010:09) 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 aceleramento do processo de desertificação das regiões onde o sol é intenso.

As doenças respiratórias constituem importante causa da 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 ocupavam 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 corresponde a 7,1% das mortes totais - escreve a OMS, (2004), citada por REGUEIRA, (2010: 09).

Os fogões e os combustíveis tradicionais, embora tenham custos quase nulos, fuligem e produzem fumaça que se depositam nos utensílios, nas paredes, no tecto, nas pessoas e nas panelas, escreve GOLDEMBERG e VILLANEUVA, 2003, citado por SANGA, (2004:26). Por exemplo, num fogão tradicional, a resina contida na lenha não se queima completamente e acaba sendo depositada na forma de alcatrão nas paredes internas do fogão e ou no fundo da panela. O restante na forma de vapor, sai do fogão como fumaça, junto com as substâncias particuladas e outros gases de combustão. O processo é rápido o ar é insuficiente para que toda resina reaja quimicamente com oxigénio - SANGA, (2004:26).

A fumaça, proveniente da queima de combustíveis, contém poluentes do ar que têm efeito adverso sobre a saúde e o meio ambiente, escreve HINRICHS e KLEINBACH, (2003), citados por SANGA, (2004:26). Estes poluentes existem na forma de gases, ou pequenas gotículas de líquido dispersas no ar (chamadas de aerossóis). Além disso, a queima ineficiente dos combustíveis tradicionais é uma das causas de utilização excessiva de madeiras ó SANGA, (2004:26). A quantidade de emissões em ambiente fechados devido á utilização de combustíveis tradicionais em fogões ineficientes coloca o usuário em patamares de alto risco à saúde ó SANGA, (2004:58).

Estudos recentes indicam que a emissão exagerada de CO₂ para a atmosfera contribui para o *efeito de estufa nocivo* que origina o *aquecimento global* do planeta Terra. PANZERA, GOMES, e MOURA, s/d, p.14, explicam nos seguintes termos:

õO efeito estufa é um factor natural importante para vida na Terra, mas tem sido intensificado pela acção do homem que tem aumentado drasticamente a quantidade de CO₂ na atmosfera nos últimos tempos. O aumento da quantidade de CO₂ provoca o aumento do efeito estufa e, assim, o aumento da temperatura. Esse aumento da temperatura média da Terra é conhecido como aquecimento global do planetaõ- PANZERA, GOMES, e MOURA, s/d, p. 17.

Os *fatores antropogénicos* relacionados com a emissão de gases de efeito estufa, tem a ver a intensa utilização de motores queimando combustíveis, despeja na atmosfera imensas quantidades de dióxido de carbono (CO₂): cerca de 6 bilhões de toneladas por ano! Essa é a causa principal do chamado efeito estufa nocivo provocado pela acção humana e que precisa ser enfrentado pela humanidadeõ- PANZERA, GOMES, e MOURA, s/d, p. 24.

Para minimizar este cenário PANZERA, GOMES, e MOURA, s/d, p. 25, dizem que õcada cidadão deve ter consciência de que o comportamento individual, por mais insignificante que pareça, é parte desse esforço global que pode permitir o controlo da emissão de gases do efeito estufaõ. Sendo que cada cidadão é responsável pela emissão de uma parcela de CO₂ para atmosfera, um modo de evitarmos a intensificação do efeito de estufa nocivo é õconsumir de forma selectiva a flora, pois as árvores não cortadas continuam absorvendo CO₂ pela fotossínteseõ - PANZERA, GOMES, e MOURA, s/d, p. 26.

3.12.Trabalho Realizado

3.12.1.Determinação do calor libertado

Objectivo: determinar a quantidade de calor libertado por uma certa quantidade de carvão vegetal.

Material necessário: Certa quantidade de carvão vegetal

Procedimentos: **1** - Medir diferentes quantidades de carvão em kg; **2** - Registrar os valores numa folha de cálculos; **3** - Escrever a fórmula para a determinação de Calor libertado $Q_{lib} = E_c \cdot m_{cc}$; **4** - Substituir os valores da quantidade de carvão medido em kg e o valor da constante do poder calorífico do carvão $E_c = 2.97 \cdot 10^7 \text{ J Kg}^{-1}$; **5** - Preencher a tabela:

Tabela 8: Resultados dos experimentos sobre a quantidade de calor libertado

Quantidade de carvão	Calor libertado
0,51376kg	$1.5 \cdot 10^7 \text{ J}$
0,52642kg	$1.6 \cdot 10^7 \text{ J}$
0,56918kg	$1.7 \cdot 10^7 \text{ J}$
0,63275kg	$1.88 \cdot 10^7 \text{ J}$

Fonte: Autor

Conclusão: o calor libertado é directamente proporcional a massa de carvão usado.

3.12.2. Determinação do calor absorvido

Objectivo: determinar o calor absorvido pela água.

Material necessário: 1-Um fogão a carvão vegetal; 2- Certa quantidade de carvão vegetal; 3- Certa quantidade de água; 4- Um termómetro; 5- Uma panela com tampa; 6- Uma balança; 7-Fósforos.

Procedimentos: **1** - Medir certa quantidade de água em kg, a sua temperatura inicial (T_{ia}) em Kelvin, e registar na folha de cálculo; **2** - Medir certa quantidade de carvão em kg e registar na folha de cálculo; **3** - Acender o fogão e mantê-lo até a combustão necessária; **4** - Colocar a panela ao lume coma tampa; **5** - Registrar continuamente a temperatura da água ao fim de dois em dois minutos; **6** - Registrar a temperatura final da água (T_{fa}) em Kelvin; **7** - Escrever a fórmula para a determinação de Calor absorvido $Q_{ab} = m_{ia} \cdot C_e (T_{fa} - T_{ia})$; **8** - Substituir os valores da quantidade inicial de água medida em kg, o valor da constante do Calor específico da água $C_e = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e os valores da temperatura final e inicial da água (T_{fa} e T_{ia}) em Kelvin; **9**-Preencher a tabela.

Tabela 9: Resultados do experimento sobre o calor absorvido

Variação da Temperatura	T_{ia}	T_{fa}	T_{ia}	T_{fa}	T_{ia}	T_{fa}	T_{ia}	T_{fa}	T_{ia}	T_{fa}	T_{ia}	T_{fa}
	28	37	28	47	28	54	28	70	28	83	28	90
Calor absorvido	86,441J		182,491J		249,721J		403,392J		528,251J		595,483J	

Fonte: Autor

Conclusão: o calor absorvido é directamente proporcional a massa inicial da água e a variação da temperatura.

3.12.3. Determinação do calor de vaporização

Objectivo: determinar o calor de vaporização da água.

Material necessário: 1-Um fogão a carvão vegetal; 2- Certa quantidade de carvão vegetal; 3- Certa quantidade de água; 4- Um termómetro; 5- uma panela com tampa; 6- Uma balança; 7-Fósforos.

Procedimentos: **1** - Medir certa quantidade de carvão em kg e registar na folha de cálculo; **2** - Medir certa quantidade de água em kg e registar na folha de cálculo; **3** - Acender o fogão e mantê-lo até a combustão necessária; **4** - Colocar a panela ao lume com tampa até a ebulição vigorosa; **5** - Retirar a panela ao lume 15 ou 20 minutos depois da temperatura de ebulição; **6** - Medir e registar novamente a água que sobra na panela 15 ou 20 minutos depois da temperatura de ebulição; **7** - Calcular a diferença entre a quantidade inicial e final da água para obter o valor de Δm_a - Massa de água evaporada em quilogramas (Kg); **8** - Escrever a fórmula para a determinação de Calor de vaporização $Q_{vap} = \Delta m_a \cdot L$; **9** - Substituir os valores da quantidade de Δm_a - massa de água evaporada em kg, o valor de Calor latente de vaporização é $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ e determinar a quantidade de calor de vaporização; **10** - Preencher a tabela:

Tabela 10: Resultados do experimento sobre o calor vaporizado

Δm_a - massa de água evaporada	Calor de vaporização $Q_{vap} = \Delta m_a \cdot L$
0,80471kg	$1,82 \cdot 10^6 \text{ J}$
0,81175kg	$1,83 \cdot 10^6 \text{ J}$
0,92906kg	$2,10 \cdot 10^6 \text{ J}$

Fonte: Autor

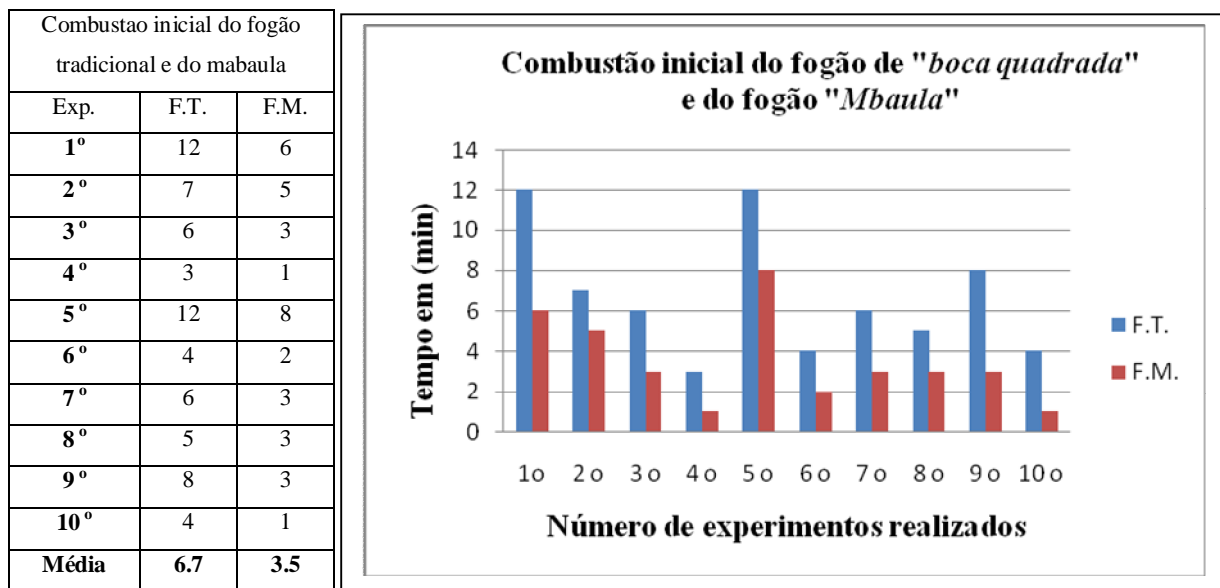
Conclusão: O calor vaporizado é directamente proporcional a massa da água vaporizada.

CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1. Resultados das dez experiências

Neste capítulo apresentamos na íntegra os resultados obtidos durante a realização de dez experimentos usando as mesmas quantidades de massa de carvão, água e igual tempo de começo e término. De acordo com o INAM, a previsão meteorológica para as províncias de Tete, Zambézia, Manica e Sofala para os dias 30 e 31 de Julho (dias em que foram realizados os dez testes), indicava céu pouco nublado, com períodos de muito nublado. Possibilidade de ocorrência de chuvas fracas a moderadas. Vento de sueste a sudoeste 10 ó 20 nós (20 ó 40 km/h). Possibilidade de ocorrência de neblinas ou nevoeiros matinais. Para a cidade da Beira, a temperatura no dia 30 era de 23 de máxima e 18 de mínima. No dia 31 de Julho a temperatura era de 23,6 de máxima e 18,4 de mínima. O trabalho decorreu no centro Meteorológico da UP-Beira com autorização do Director (vide no anexo).

Gráfico 1: Combustão inicial do fogão tradicional de ôboca quadradaö e fogão ôMbaulaö



Fonte: Autor

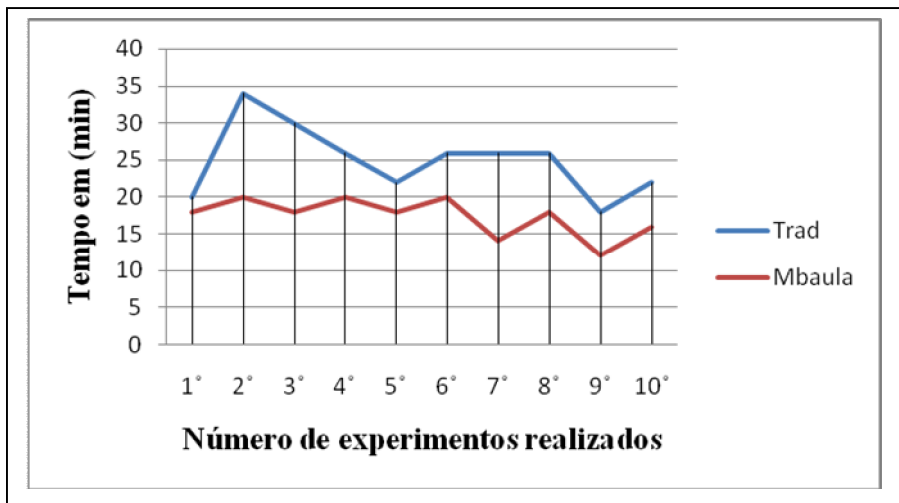
O Gráfico mostra que nos dez experimentos, o ôMbaulaö foi primeiro a atingir a combustão necessária para colocar as panelas ao lume, com uma média estimada de 6,7 minutos. É preciso lembrar que no primeiro dia, 30 de Julho, foram realizados quatro (4) testes. Os experimentos

decorreram quando havia ocorrência de chuvas fracas a moderadas. A velocidade do Vento variava entre 20 a 40 km/h. No segundo dia 31 de Julho, foram realizados seis (6) testes e decorreram numa altura em que os ventos eram fracas a moderados.

Os gráficos que se seguem mostram como variou o tempo para a fervura de água no decurso dos dez experimentos e a quantidade de água sobrada no fim do experimento.

Gráfico2. Tempo decorrido para ebulição da água

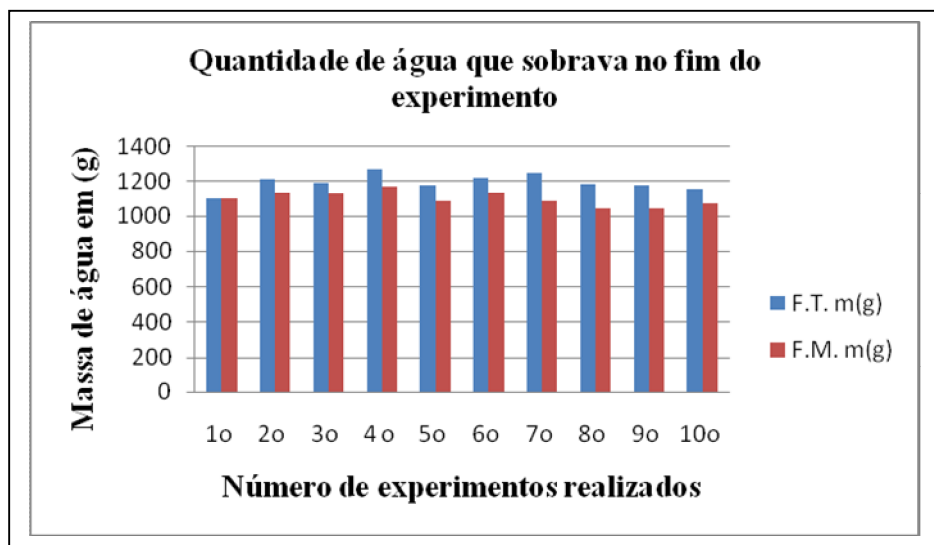
Tempo decorrido para ebulição da água		
Exp.	F. Trad.	F. Mb
	t (min)	t(min)
1º	20	18
2º	34	20
3º	30	18
4º	26	20
5º	22	18
6º	26	20
7º	26	14
8º	26	18
9º	18	12
10º	22	16
T.M.	25min	17,4min



Fonte: Autor

Gráfico3. Quantidade de água que sobrava no fim do experimento

Quantidade de água sobrada no fim do experimento		
Q.A S.	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	1099	1096
2º	1207	1134
3º	1191	1122
4º	1269	1167
5º	1175	1085
6º	1215	1131
7º	1245	1080
8º	1179	1040
9º	1177	1037
10º	1153	1066
Tot.	11910	10958

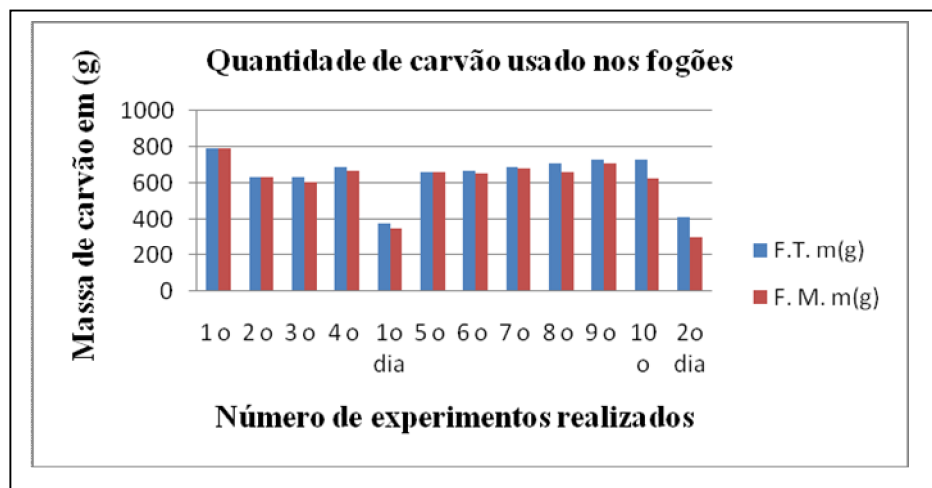


Fonte: Autor

O **gráfico 2** indica que o fogão *õMbaulaõ* foi o que levou menos tempo com uma média de 17,4 minutos contra 25 minutos do fogão tradicional de *õboca quadradaõ*. O **gráfico 3** mostra a água que sobrou na panela 15 minutos após da temperatura de ebulição. Verifica-se que a quantidade de água que sobrou foi sempre maior no fogão tradicional de *õboca quadradaõ*, pese embora no experimento inicial a diferença ter sido pequena, de 0,3kg. Também, mediu-se a quantidade de carvão usado durante os dez experimentos e a quantidade de carvão adicionado tal como mostra o **gráfico 4 e 5** abaixo representados:

Gráfico 4: Quantidade de carvão usado nos fogões

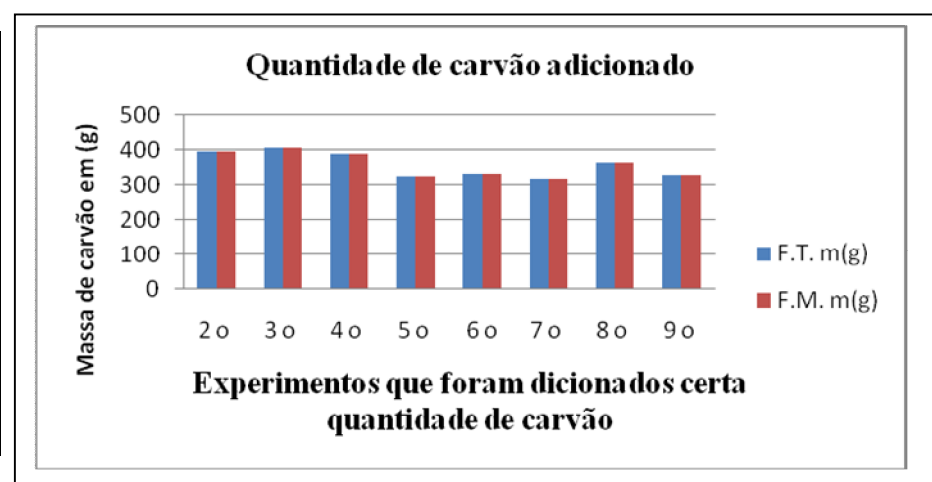
Quantidade de carvão usado nos fogões		
Exp	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	796	796
2º	637	635
3º	634	608
4º	692	668
1º dia	378	352
5º	660	660
6º	670	657
7º	687	681
8º	708	664
9º	731	709
10º	733	629
2º dia	411	306
Tot.	7737	7365



Fonte: Autor

Gráfico 5: Quantidade de carvão adicionado durante o experimento

Quantidade de carvão adicionado		
Exp	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
2º	398	398
3º	406	406
4º	391	391
5º	324	324
6º	331	331
7º	318	318
8º	365	365
9º	329	329
Tot.	2862	2862



Fonte: Autor

No **gráfico 4** verifica-se que a medida que se atingia o momento da retirada das panelas (15 minutos depois da temperatura de ebulição), o fogão tradicional de *õboca quadrada* permanecia com uma maior quantidade de carvão.

O **gráfico 5** indica que a quantidade de carvão adicionado em todos os experimentos foi a mesma. Lembrar que no primeiro experimento foi usado 0,796kg de carvão. A seguir apresentamos o **gráfico 6** e 7 da quantidade de carvão que sobrava após o experimento e a quantidade de água evaporada.

Gráfico 6:Quantidades de carvão que sobrava após o experimento

Quantidades de carvão sobrado		
Exp.	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	240	237
2º	228	203
3º	301	277
4º	378	352
5º	346	334
6º	356	350
7º	390	346
8º	366	344
9º	367	300
10º	372	306
Méd.	334,4	304,9

Fonte: Autor

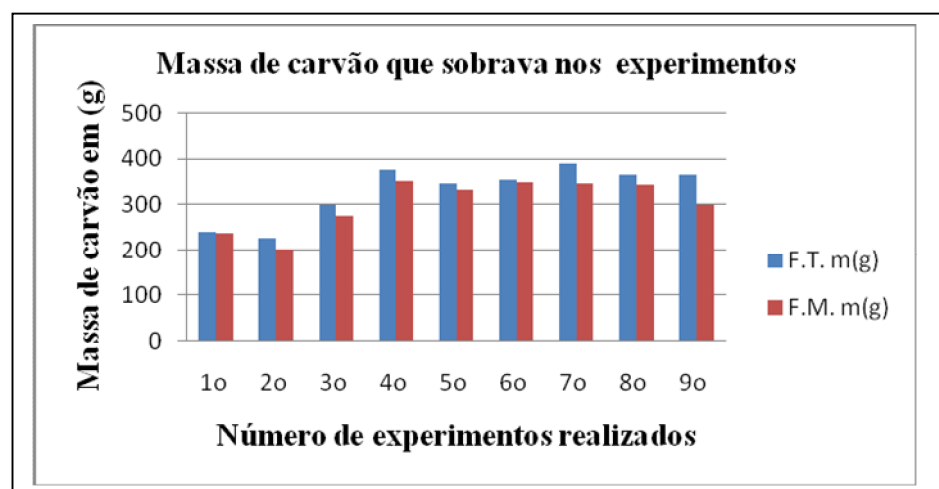
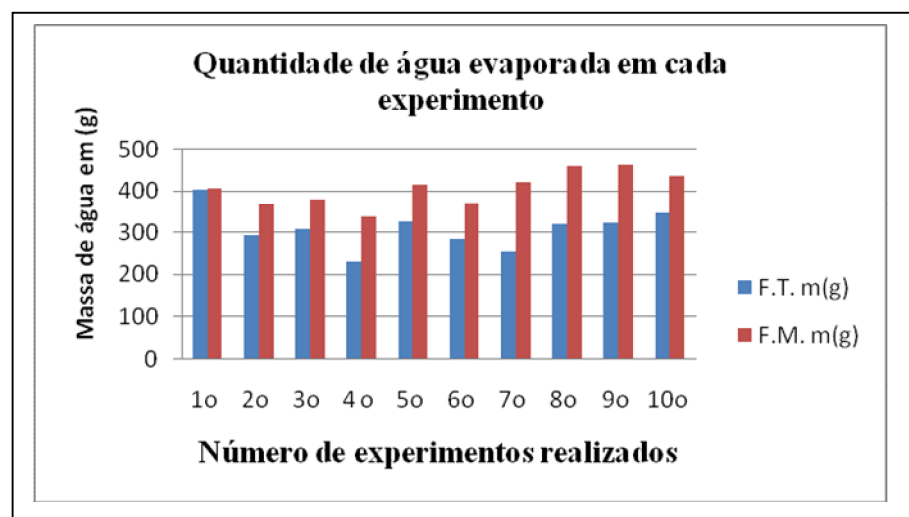


Gráfico 7: Quantidade de água evaporada (Δm_a)

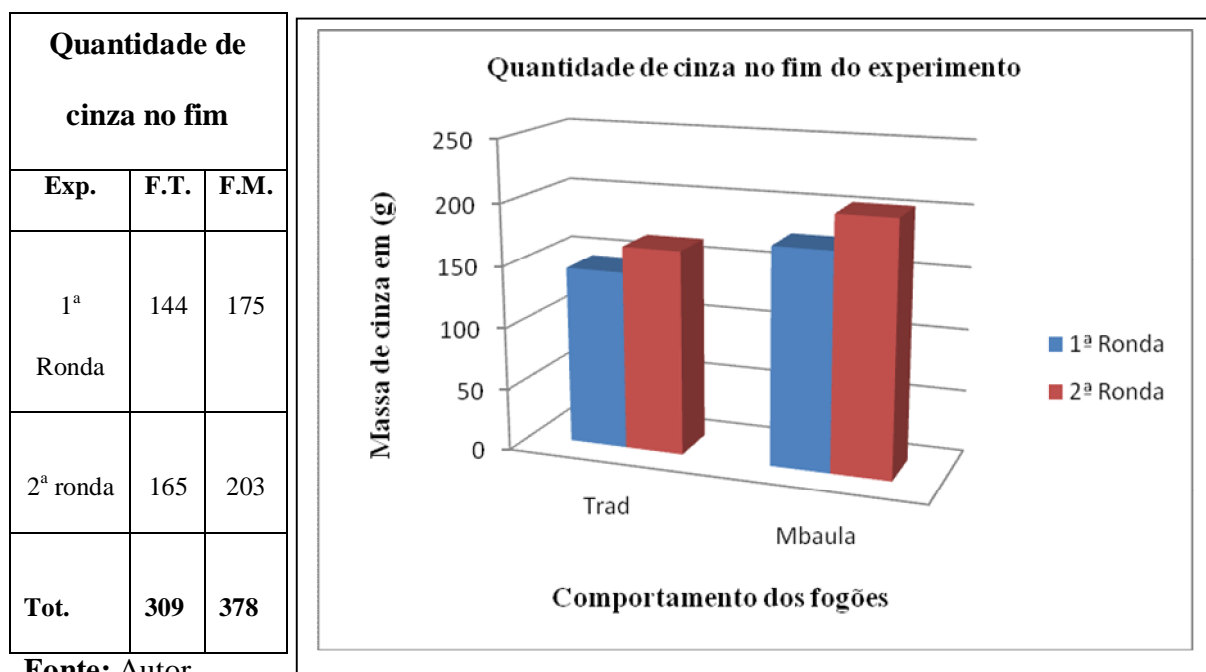
Quantidade de água evaporada (Δm_a)		
Exp.	F.T.	F.M.
	m(g)	m(g)
1º	401	405
2º	293	366
3º	309	378
4º	231	336
5º	325	415
6º	285	369
7º	255	420
8º	321	460
9º	323	463
10º	347	434
Tot.	3090	4046

Fonte: autor



Os resultados do **gráfico 6** indicam que no fogão *Mbaula*, a quantidade de carvão sobrado é tanto quanto menor do que no fogão tradicional de *boca quadrada*, por tanto, uma média de 0,305kg contra 0,334kg. No **gráfico 7** a quantidade de água vaporizada é calculada achando a diferença entre a água usada no início que foi de 1,5 litros e a água que sobrava em cada um dos experimentos. Ela representa a quantidade de água que passou do estado líquido para o estado gasoso devido ao aumento da temperatura. No final dos experimentos (decorridos em duas fases, primeira com 4 experimentos e a segunda com 6 experimentos), foi medida também a quantidade de cinza conforme ilustra o **gráfico 8** abaixo:

Gráfico 8: Quantidade de cinza no fim do experimento

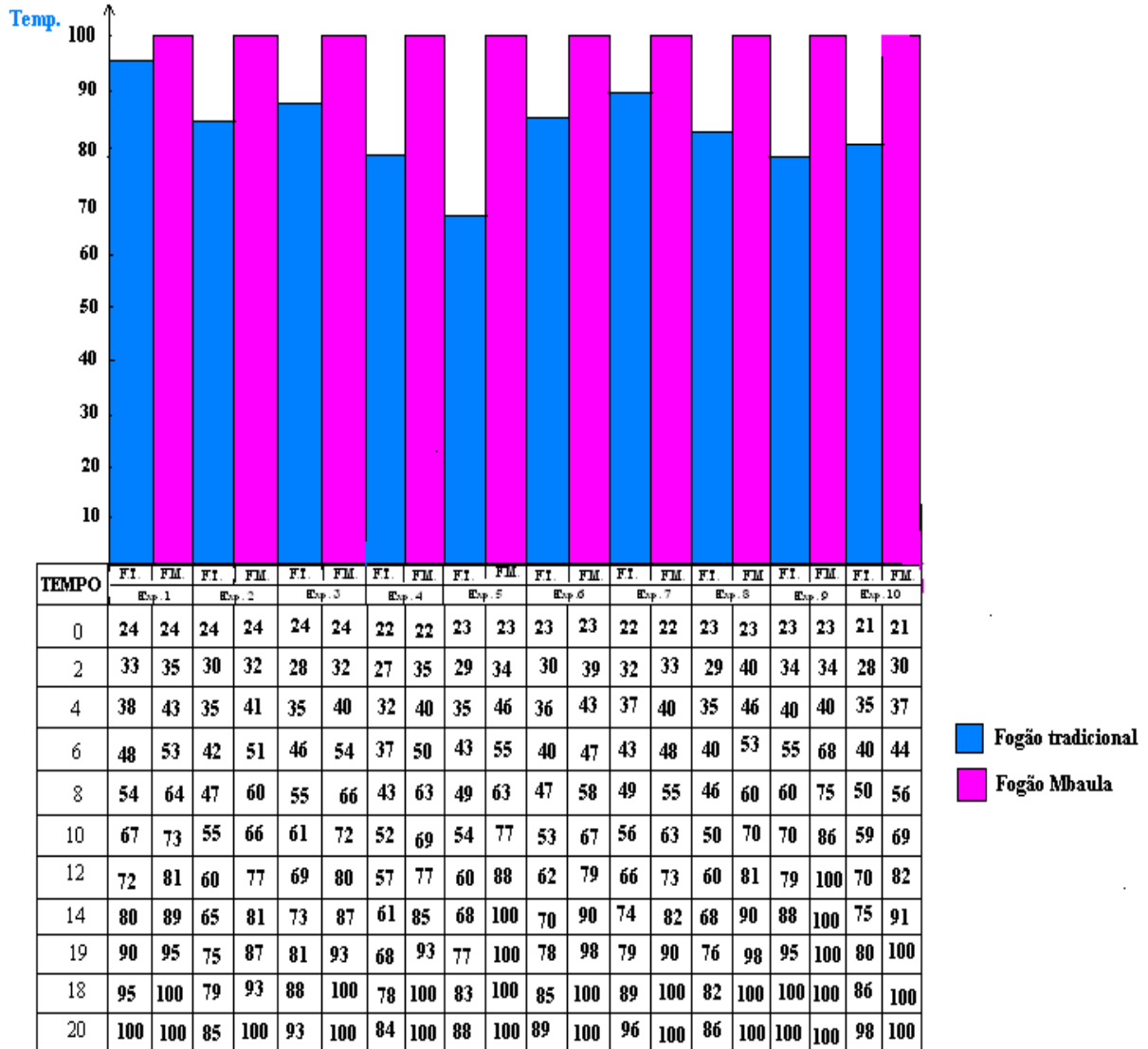


Fonte: Autor

Conforme se pode observar no **gráfico 8**, o fogão *Mbaula* foi o que mais cinza acumulou, portanto um, total de 0,378kg contra 0,309kg.

Após a representação gráfica da variação do tempo, das quantidades de carvão usado e sobrados, da quantidade de água usada e evaporada, seguiu-se a fase da construção do gráfico comparativo da variação da temperatura dos fogões durante os dez experimentos. Os resultados podem ser visualizados no **gráfico 9** abaixo.

Gráfico 9: Variação da temperatura do fogão tradicional de *õboca quadradaõ* e do fogão *õMbaulaõ*.



Fonte: Autor

Apenas no primeiro experimento verifica-se uma certa aproximação em termos de tempo de ebulição da água. Por tanto, uma diferença de aproximadamente dois minutos.

4.1.1.Determinação das grandezas necessárias para o cálculo do rendimento dos fogões

Para a determinação quantitativa e comparativa do rendimento térmico dos fogões foi necessário encontrar as fórmulas dos calores envolvidos, a saber: Quantidade de calor (Q), Calor específico, Calor libertado durante a combustão (Q_{lib}), Calor absorvido pela água (Q_{ab}), Calor de vaporização (Q_{vap}) e a fórmula do Rendimento do fogão a carvão vegetal () propriamente dita. Começemos por determinar a quantidade de calor.

4.1.1.1.Quantidade de calor (Q)

Trata-se de uma grandeza que faz parte do estudo que se levou a cabo. Para melhor compreender o conceito de quantidade de calor, de algum modo, vala pena recorrer A. V. PIÓRICHKINE, e N. A. RÓDINA, Física I, (1984) que escrevem o seguinte:

(í) a parte da energia interna que o corpo recebe ou perde no processo de transmissão de calor é conhecida como quantidade de calor. (í) A quantidade de calor transmitida a um corpo durante o aquecimento depende da natureza do material de que é composto o referido corpo, da sua massa e da variação da temperatura (PIORICHKINE e RODINA; 1984:177-178).

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: Q - é a quantidade de calor; c - é o calor específico da matéria, m - é a massa do corpo; t_1 - a temperatura inicial e t_2 - a temperatura final do corpo. A unidade de calor é o Joule (J). Usa-se também o quilojoule (KJ). Esta grandeza foi determinada apenas para auxiliar os cálculos dos calores envolvidos, por isso não apresentamos nenhum dado em tabela ou gráfico.

4.1.1.2.Calor libertado durante a combustão (Q_{lib})

Segundo (VICTORINO; 1995:12-14 *apud* JDANOV; 1985:89) a quantidade de calor libertado (Q_{lib}) por combustão, mede-se pela quantidade de calor libertado durante a combustão total de uma unidade de massa do combustível.

$$Q_{lib} = B_c \cdot m_{cc} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: Q_{lib} - Quantidade de calor libertado; m_{cc} - Massa do carvão consumido em Kg; E_c - Poder calorífico do carvão vegetal. O seu valor é uma constante: $E_c = 2.97.10^7 \text{ J/Kg}^{-1}$ (VICTORINO, 1995 *apud* ENERGY BASIC;1988:24). Os resultados estão expressos na **tabela 11** a baixo.

4.1.1.3. Calor absorvido pela água (Qab)

É o calor necessário para elevar a temperatura de uma certa massa de água até a ebulição. Este calor depende da massa e da temperatura inicial da água.

$$Q_{ab} = m_{ia} \cdot C_a (T_{fa} - T_{ia}) \quad \text{Eq.5}$$

Onde: Q_{ab} - Quantidade de calor absorvido; m_{ia} - Massa de água no início do teste em quilogramas (Kg); C_a - Calor específico da água. O seu valor é uma constante igual a $4,2.10^3 \text{ J/kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. T_{fa} - Temperatura final da água em Kelvin (K) e T_{ia} - Temperatura inicial da água também medida em Kelvin (K). Ver os resultados obtidos na **Tabela 11**.

Tabela 11: Calor libertado durante a combustão (Q_{lib}) e Calor absorvido pela água (Q_{ab})

Exp	Calor libertado durante a combustão (Q_{lib}) em Jopule (J)		Exp	Calor absorvido pela água (Q_{ab}) em Jopule (J)	
	F.T.	F.M.		F.T.	F.M.
1°	$2,36.10^7$	$2,36.10^7$	1°	$4,47.10^5$	$4,77.10^5$
2°	$1,89.10^7$	$1,92.10^7$	2°	$4,41.10^5$	$4,79.10^5$
3°	$1,88.10^7$	$1,81.10^7$	3°	$4,03.10^5$	$4,79.10^5$
4°	$2,06.10^7$	$1,98.10^7$	4°	$3,53.10^5$	$4,91.10^5$
1° dia	$1,11.10^7$	$1,01.10^7$	5°	$2,84.10^5$	$4,83.10^5$
5°	$1,96.10^7$	$1,96.10^7$	6°	$3,91.10^5$	$4,85.10^5$
6°	$1,99.10^7$	$1,95.10^7$	7°	$4,22.10^5$	$4,91.10^5$
7°	$2,04.10^7$	$2,02.10^7$	8°	$3,72.10^5$	$4,85.10^5$
8°	$2,10.10^7$	$1,97.10^7$	9°	$3,53.10^5$	$4,85.10^5$
9°	$2,17.10^7$	$2,10.10^7$	10°	$3,72.10^5$	$4,98.10^5$
10°	$2,18.10^7$	$1,86.10^7$	Média	$3,84.10^5$	$4,85.10^5$
2° dia	$1,22.10^7$	$0,91.10^7$			
Média	$1,91.10^7$	$1,82.10^7$			

Fonte: Autor

No primeiro caso verificou-se que o calor libertado durante a combustão é maior no fogão tradicional de *ôboca quadrada* com uma média de $1,91 \cdot 10^7 \text{J}$ do que no fogão *ôMbaula* que registou $1,82 \cdot 10^7 \text{J}$. No segundo caso constata-se um caso contrário, pois o fogão *ôMbaula* absorve em média $4,85 \cdot 10^5 \text{J}$ contra $3,84 \cdot 10^5 \text{J}$ do fogão tradicional de boca quadrada.

4.1.1.4. Calor de vaporização (Q_{vap})

É a quantidade de calor necessário para transformar uma massa de água em vapor:

$$Q_{\text{vap}} = \Delta m_{\text{a}} \cdot L \quad \text{Eq.6}$$

Onde: Q_{vap} - Calor de vaporização; Δm_{a} - Massa de água evaporada em quilogramas (Kg); L - Calor latente de vaporização, o seu valor é $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Os resultados da quantidade de calor de vaporização podem ser visualizados na **tabela 12**, representados na página que se segue.

4.1.1.5. Rendimento do fogão tradicional de *ôboca quadrada* e do fogão *ôMbaula*

O rendimento () de um sistema qualquer é uma grandeza que caracteriza a sua eficiência e é dado pela razão entre a energia útil e a energia motora fornecida ao sistema. O rendimento do fogão a carvão vegetal é dado pela relação entre a quantidade de calor utilizado efectivamente para o fim previsto (cozinhar) (Q_{ef}) e a quantidade de calor libertado durante a combustão (Q_{lib}).

$$\eta = \frac{Q_{\text{ab}} + Q_{\text{vap}}}{Q_{\text{lib}}} \quad \text{Eq.7}$$

Onde: Q_{ab} é a quantidade de calor absorvido; Q_{vap} é a quantidade de calor vaporizado e Q_{lib} é a quantidade de calor libertado durante a combustão.

Os valores do rendimento obtidos depois da determinação das grandezas envolvidas estão apresentados na **tabela 12** abaixo.

Tabela 12: Calor de vaporização (Q_{vap}) e Rendimento do fogão tradicional de *õboca quadradaö* e *õMbaulaö* (η)

Exp.	Calor de vaporização (Q_{vap}) em Jopule (J)	
	F.T.	F.M.
1°	0,91.10 ⁶	0,92.10 ⁶
2°	0,66.10 ⁶	0,83.10 ⁶
3°	0,70.10 ⁶	0,85.10 ⁶
4°	0,52.10 ⁶	0,77.10 ⁶
5°	0,73.10 ⁶	0,94.10 ⁶
6°	0,64.10 ⁶	0,83.10 ⁶
7°	0,58.10 ⁶	0,95.10 ⁶
8°	0,73.10 ⁶	1,04.10 ⁶
9°	0,73.10 ⁶	1,05.10 ⁶
10°	0,78.10 ⁶	1,05.10 ⁶
Média	0,71.10⁶	1,0.10⁶

Exp	Rendimento dos fogões em (%)	
	F.T.	F.M.
1°	58,3	63,4
2°	60,9	68,2
3°	58,7	73,4
4°	42,4	63,7
5°	51,7	72,6
6°	51,8	67,4
7°	49,1	71,3
8°	10,01	78,21
9°	49,9	73,1
10°	52,8	83,2
Média	48,6	71,5

Fonte: Autor

Constata-se que a quantidade de calor vaporizado é maior no fogão *õMbaulaö*, $1,0.10^6$ J contra $0,71.10^6$ J no fogão tradicional de *õboca quadradaö*. No cálculo do rendimento, verifica-se também que o fogão *õMbaulaö* tem maior rendimento, na ordem de 71,5% contra 48,6% do fogão tradicional de *õboca quadradaö*.

CAPÍTULO V - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Análise dos resultados quantitativos

Este Capítulo está dedicado para analisar os dados apresentados no Capítulo IV. Começamos por analisar a combustão inicial, seguido do tempo decorrido, a quantidade de água e carvão sobrado no final de cada experiência, a quantidade de carvão usado nos fogões, a quantidade de carvão adicionado ao longo dos experimentos, a quantidade de água vaporizada e a cinza recolhida no fim do experimento. Em seguida, olha-se para a variação da temperatura da água nos dois fogões, o calor absorvido, calor libertado, calor de vaporização, o rendimento dos dois fogões e finalmente, serão analisadas as respostas dos moradores inquiridos no 7º bairro de Chipangarra, cidade da beira.

Sabe-se que o volume do cone é a terça parte do volume de um cilindro com o mesmo raio de base e a mesma altura.

$$V_{\text{Cilindro}} = \pi r^2 h \quad \text{e} \quad V_{\text{Cone}} = \frac{1}{3} V_{\text{Cilindro}} \quad \text{Eq. 8}$$

Pela composição do fogão ãMbaulaõ, podemos concluir que, a peça cerâmica onde é depositado o carvão, contém, aproximadamente dois cones, visto que traçando rectas paralelas que interceptam as extremidades do diâmetro da peça cerâmica até a base onde assenta o carvão, tem-se um cilindro de 4,5cm de altura e 22,5cm de diâmetro. Substituindo os valores na equação 8 temos o volume do cilindro igual a 1788,328125cm³ e o volume do cone será de 596,109375cm³. Como a peça cerâmica onde se deposita o carvão tem aproximadamente dois cones, então, o volume da peça cerâmica do fogão ãMbaulaõ será o dobro do volume do cone, cujo valor numérico é 1192,21875cm³.

Para o caso do fogão tradicional de õboca quadradaõ, consideremos que o volume da pirâmide é a terça parte do volume de um paralelepípedo com a mesma base e a mesma altura. Analogamente, a parte onde é depositado o carvão, contém, aproximadamente duas pirâmides, visto que traçando rectas paralelas que interceptam as extremidades da base onde assenta o carvão, tem-se um paralelepípedo de base quadrada de lado 19,5cm e, uma altura de 8,5cm. A relação válida para o volume será:

$$V_{\text{Paralelepipedo}} = l^2 \cdot h \quad \text{e} \quad V_{\text{pirâmide}} = \frac{1}{3} V_{\text{Paralelepipedo}} \quad \text{Eq. 9}$$

Substituindo os valores na *equação 9* temos o volume do paralelepípedo igual a $3232,125\text{cm}^3$ e o volume da pirâmide será de $1077,375\text{cm}^3$. Como a parte onde se deposita o carvão corresponde a duas pirâmides, então, o seu volume também será o dobro do volume da pirâmide, portanto, $2154,75\text{cm}^3$. Quer dizer, apesar do fogão *õMbaulaõ* apresentar um aspecto maior na sua forma, a diferença do depósito de carvão em relação ao fogão tradicional de *õboca quadradaõ* que apresenta um formato relativamente menor é de $962,53125\text{cm}^3$.

Tal como se referiu anteriormente, o gráfico da combustão inicial mostra que nos dez experimentos, o *õMbaulaõ* foi primeiro a atingir a combustão necessária para colocar as painelas ao lume, com uma média de 6,7 minutos. Este comportamento se verificou em primeiro lugar devido ao estado de tempo (vento). Em segundo lugar o fogão *õMbaulaõ*, entra em vantagem devido a sua constituição. Ele apresenta uma câmara fechada onde acumula oxigénio que emite facilmente para a grelha e muito rapidamente para o carvão depositado. Por sua vez o fogão tradicional apresenta com um formato que admite e evacua facilmente o ar, por isso, leva mais tempo para acender o carvão.

Com relação ao tempo gasto para a ebulição, constatou-se que nos dez experimentos, o fogão *õMbaulaõ* foi o que levou menos tempo com uma média de 17,4 minutos contra 25 minutos do fogão tradicional de *õboca quadradaõ*. A rapidez do fogão *õMbaulaõ* está intrinsecamente ligada com a combustão inicial. Sendo que o *õMbaulaõ* atinge mais rápido a combustão inicial, verificava-se que quando o fogão de *õboca quadradaõ* atingia o ponto para colocação das painelas ao lume, nessa altura, o *õMbaulaõ* possuía uma chama ardente muito maior, e daí, a sua maior rapidez.

Ao analisarmos a quantidade de água que sobrava durante os experimentos, vala pena lembrarmos a quantidade de água no início. Em todos os experimentos, a água usada no começo foi de 1,5kg. Verificou-se que a quantidade de água sobrada foi sempre maior no fogão tradicional, apesar de no experimento inicial a diferença tenha sido muito pequena, de 0,3kg. Essa aproximação de resultados deveu-se porque durante a realização do primeiro experimento, os dados do INAM, revelavam para a cidade da Beira, Céu pouco nublado, passando a muito nublado. A ocorrência de chuvas fracas a moderadas. A temperatura ambiente era igual com a temperatura inicial da água, 23°C . Por tanto, com o vento que se fazia sentir, o fogão *õMbaulaõ* que não apresenta um fundo maior na parte

cerâmica onde o carvão é depositado, foi perdendo quantidades significativas de calor, favorecendo desta feita o fogão tradicional de *õboca quadradaõ* que apresenta-se com uma protecção metálica e um fundo muito maior, o que fazia com que o vento não atingisse em grandes proporções. Aliado a este factor, aconselha-se que o fogão *õMbaulaõ* funcione com a boca de entrada de ar completamente fechada; a passo que no tradicional de *õboca quadradaõ*, a boca está exposta a qualquer variação de temperatura. Quer dizer, quando o vento soprasse com maior intensidade, o tradicional fogão de *õboca quadradaõ* aumentava a sua combustão, enquanto o *õMbaulaõ* perdia calor a partir da parte superior onde assenta-se a panela.

Com relação a quantidade de carvão usado durante as dez experiências, verificou-se que à medida que se atingia o momento da retirada das panelas (15 minutos depois da ebulição), o fogão tradicional de *õboca quadradaõ* permanecia com uma maior quantidade de carvão. No entanto, depois de medido o carvão sobrado, acrescentava-se novamente a mesma quantidade nos nove experimentos subsequentes. Verificou-se que, o fogão *õMbaulaõ*, queima com facilidade o carvão depositado, por isso, depois da queima, grande quantidade de massa de carvão, se transforma em calor. Por seu turno, devido ao maior fundo que o fogão tradicional de *õboca quadradaõ* apresenta, faz com que tenha dificuldade de receber oxigénio para alimentar a combustão. Como consequência, queima pouco e emite menor quantidade de calor.

Tal como se disse, a medida que os experimentos eram realizados, acrescentava-se certa quantidade de carvão uniforme para cada um dos fogões. Aliado aos factores apresentados no parágrafo anterior, verificou-se que apesar da quantidade de carvão adicionado em todos os experimentos ser a mesma, o fogão *õMbaulaõ* foi sempre mais rápido que o tradicional de *õboca quadradaõ*.

Os resultados do gráfico da quantidade de carvão sobrado após o experimento indicam que no fogão *õMbaulaõ*, a quantidade de carvão sobrada é tanto quanto menor do que no fogão tradicional de *õboca quadradaõ*, por tanto, uma média de 0,305kg contra 0,334kg. Este comportamento vem confirmar a eficiência que o fogão *õMbaulaõ* tem na combustão e queima rápida do carvão depositado devido as suas características, sob ponto de vista da forma e sua constituição.

Tal como sobejamente foi referido anteriormente, a quantidade de água vaporizada foi calculada achando a diferença entre a água usada no início que foi de 1,5 litros e a água que sobrava em cada

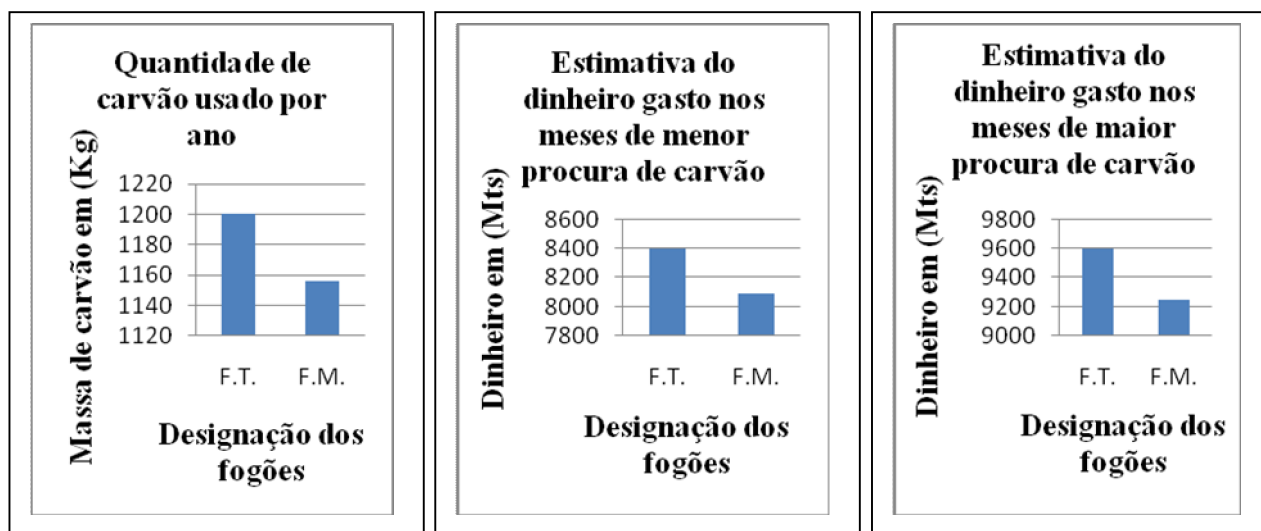
um dos experimentos. Ela representa a quantidade de água que passou do estado líquido para o estado gasoso devido o aquecimento. Por tanto o fogão *õMbaulaö* foi mais rápido eficiente em relação ao fogão tradicional de *õboca quadradaö*.

Ao analisarmos a cinza medida no final das duas rondas, verificou-se que, o fogão *õMbaulaö* foi o que mais cinza acumulou, um total de 0,378kg contra 0,309kg. Esse comportamento, está ligado a maior combustão que o fogão *õMbaulaö* possui, ou seja, ele tem a capacidade de consumir todo o carvão depositado, facto que não ocorre para ao fogão tradicional de boca quadrada.

Em relação a variação da temperatura dos fogões durante os dez experimentos, ilustra mais uma vez que o fogão *õMbaulaö* foi melhor em todos os experimentos. Apesar do estado do tempo não ser bom, devido ao vento que se fazia sentir, houve momentos em que o *õMbaulaö* atingia a ebulição vigorosa, numa altura em que a temperatura da água no fogão tradicional rondava ao 70 a 80°C. Este comportamento, serviu mais uma vez para confirmar a eficiência que o fogão *õMbaulaö* tem em relação ao tradicional fogão de *õboca quadradaö*.

Fazendo análise do calor libertado durante a combustão verificou-se que é maior no fogão tradicional de *õboca quadradaö* com uma média de $1,91.10^7$ J do que no fogão *õMbaulaö* que registou $1,82.10^7$ J. Esta constatação, vem cimentar a afirmação segundo a qual, o tradicional fogão de *õboca quadradaö* perde maiores quantidades de calor para atmosfera. As causas derivam desde a sua formação física e o seu funcionamento. Enquanto o tradicional *õfogão de boca quadradaö* liberta maior quantidade de calor, o fogão *õMbaulaö* absorve melhor, segundo os resultados obtidos. O fogão *õMbaulaö* absorveu em média $4,85.10^5$ J contra $3,84.10^5$ J do fogão tradicional de *õboca quadradaö*. Tratando-se de uma questão directamente proporcional, é por essa razão que a quantidade de calor vaporizado é maior no fogão *õMbaulaö* $1,05.10^6$ J contra $0,78.10^6$ J no fogão tradicional de *õboca quadradaö*. Com o cúmulo de todas as vantagens verificadas e aqui descritas, o fogão *õMbaulaö*, apresenta maior rendimento em relação ao fogão tradicional de *õboca quadradaö*, por tanto, 71,5% contra 48,6%. Uma diferença considerável de 22,9% do seu rendimento térmico. O **gráfico 10** a baixo ilustra a estimativa em termos de consumo de carvão e os custos monetários em meticais por ano, usando o fogão tradicional de *õboca quadradaö* e o fogão *õMbaulaö*:

Gráfico 10: Estimativa de consumo anual de carvão e o dinheiro gasto



Fonte: Autor

De acordo com os cálculos realizados, usando fogão tradicional de *ôboca quadrada*, num agregado familiar de cinco pessoas onde o consumo mensal de carvão é de 100kg, gasta, em média, 700 meticais/mês nos meses de Abril a Novembro e 800 meticais/mês nos meses de maior procura por carvão, entre Dezembro a Março, por tanto, um gasto de 8400Mts a 9600Mts por ano.

Usando fogão *ôMbaula*, a mesma família gastaria em média 96kg por mês o equivalente a 672Mts na época de menor procura e 768Mts na fase de maior procura de carvão, quer dizer, um consumo de 8092Mts a 9248Mts por ano, o que permite as famílias pouparem entre 308Mts a 352Mts por ano.

Até 2011, a população moçambicana estimava-se em 22.948.858 milhões de habitantes⁴. Se tomarmos em conta que 80% da população usa lenha ou carvão para a cocção, estaremos dizendo que são cerca de 18.400.000 milhões de pessoas, o equivalente a 3.680.000 famílias se o agregado for de cinco (5) pessoas em média.

⁴ Disponível em: < <http://pt.worldstat.info/Africa/Mozambique> > [Acesso em: 24 de Agosto de 2013].

Se cada família poupa 308mt/ano para a compra de carvão de acordo com os cálculos apresentados neste trabalho, significa que em média, Moçambique, economizaria um total de 113.344.000,00mt/ano para compra de carvão vegetal.

Por outro lado, tomando o estudo de VICTORINO (1995:23) em que 12,5 árvores correspondem a 21 sacos de carvão vegetal de aproximadamente 50kg, podemos afirmar que para a produção de um saco de carvão são necessárias 0,595 árvores.

Nesse caso, usando o fogão *õMbaulaö*, cada família poupa em média 308mt/ano, o equivalente a um saco de carvão aproximadamente. Podemos afirmar que uma família moçambicana pouparia em média 0,595 árvores por ano. Se multiplicarmos esse valor ao número de famílias moçambicanas que usam carvão que está estimado em 3680000 famílias, implicaria que, Moçambique pouparia anualmente um valor estimado de 2189600 árvores.

Se tomarmos em consideração que a equação química para a queima de carvão vegetal é $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$, podemos determinar que: $Mr(CO_2) = Ar(C) + Ar(O) = 12 + 2 \cdot 16 = 44g$. Portanto, se 1mol de Carbono (C) liberta 0,044kg de CO_2 , podemos afirmar que 50kg de carvão, liberta, em média, 1136,4 moles de CO_2 .

Sabendo que 0,595 árvores correspondem a 50kg de carvão, podemos afirmar também que 2189600 árvores, corresponde a 184000000kg de carvão vegetal. Equivale dizer, se 1 mol de Carbono (C) corresponde a 0,044kg de CO_2 , vale também afirmar que em 184000000kg de carvão vegetal, liberta-se para atmosfera, um total estimado em 418181818,82 moles de CO_2 .

5.2. Análise dos resultados qualitativos

Os resultados do inquérito realizado aos moradores do 7º bairro de Chipangarra, cidade da Beira, mostra que mais de 60% dos respondentes ainda utilizam fogões a carvão vegetal de boca quadrada e preferem este tipo de fogão, segundo seus depoimentos, é barato e, fácil de manusear. Apenas 9 por cento usa fogões eléctricos, enquanto os restantes optam em outras preferências. A maioria da população gasta em média 500 a 700 meticais/mês na compra de carvão vegetal, o correspondente a 2,5 a 3 sacos de carvão.

O tempo mínimo de confecção de alimentos varia entre 45 a 60 minutos. Normalmente as populações preparam as suas refeições no quintal e algumas vezes na varanda. O grosso das pessoas não sabe nada sobre os problemas ambientais, agravando-se este problema devido ao fraco nível de escolaridade e analfabetismo. Em contrapartida afirmam que muitas vezes têm testemunhado doenças respiratórias devido ao fumo que se inala durante a cozedura dos alimentos. Todos são unânimes ao afirmar que o uso de carvão elimina as espécies nativas e provoca extensas áreas devastadas.

Com relação aos vendedores de carvão, afirmam que o carvão vendido na cidade da Beira provem de Mutindire (mais de 200km da cidade da Beira) e a variedade preferida é o Missassa. Referem que a venda por dia varia de 10 a 20 sacos, sendo que as pessoas preferem comprar em sacos de 50 kg. Apenas uma minoria de pessoas prefere comprar montões de 50, 75 ou 100 meticais. Os meses de maior procura de carvão são Dezembro, devido ao período de festas, Janeiro, Fevereiro e Março, período que escasseia devido a época chuvosa e a interdição feitas pelas autoridades de Agricultura, Florestas e Fauna Bravia. Contrariamente aos moradores, este grupo diz acompanhar, por via rádio e palestras os problemas ambientais resultantes da produção e comercialização de carvão vegetal. Falam do aquecimento global, devastação da floresta, eliminação de espécies nativas e, em termos de doenças mais frequentes derivadas do manejo de carvão são as constipações.

CONCLUSÕES

O estudo quantitativo e comparativo do rendimento térmico do fogão tradicional de *õboca quadradaö* e do *õMbaulaö*, realizado e apresentado nesta monografia, dá azo para efectuar as seguintes conclusões:

- ✓ O uso de carvão no fogão *õMbaulaö* é menor que no fogão tradicional de *õboca quadradaö*, logo, o fogão *õMbaulaö* é mais eficiente na conversão de energia do carvão para a redução de calor necessário para confeccionar alimentos;
- ✓ Apenas a melhoria da eficiência no consumo do carvão vegetal não contribui significativamente na redução da demanda, a eficiência energética do fogão diminui o tempo para cozedura dos alimentos. E a utilização de fogões melhorados a carvão vegetal como é o caso do *õMbaulaö*, pode diminuir a demanda de madeira para a produção do carvão e, conseqüentemente, o desmatamento.
- ✓ Maior tendência, de aumento de distâncias entre os pontos de produção do carvão e a cidade, fazendo com que o negócio de carvão praticado não seja muito rentável.
- ✓ A maior parte de carvão consumido na cidade da Beira é proveniente de florestas nativas sem reflorestamento ou produção adequada. Assim, a sua utilização contribui para o aumento de gases de efeito de estufa.
- ✓ A poluição do ar pela utilização do carvão vegetal é maior tanto nos fogões tradicionais quanto nos fogões eficientes e a exposição a este tipo de poluição aumenta cada vez mais entre as famílias pobres na medida em que aumenta a preferência para os combustíveis mais baratos como carvão vegetal e lenha.
- ✓ Diferentemente dos vendedores de carvão que são sujeitos a constipações devido a exposição permanente e no momento da medição de carvão grande parte da população inquirida no bairro de Chipangarra afirma que confeccionam alimentos no ar livre, ou na varanda, ou no quintal, (exceptuando a época chuvosa) então, correm pouco risco de contrair doenças respiratórias.
- ✓ O carvão vegetal é a alternativa mais barata para a confecção de alimentos em relação aos outros combustíveis comerciais e apesar da demanda, a realidade da província de Sofala, se as campanhas de mobilização para a reposição das florestas abatidas, garante assim a sua existência ainda por muito tempo no futuro.

SUGESTÕES

- ✓ A realização de palestras visando difundir as vantagens do fogão melhorado *õMbaulaö*, deveriam ser intensificadas nas escolas e bairros periféricos da cidade da Beira, e não só, particularmente no 7º bairro de Chipangarra, onde o uso de fogões tradicionais de *õboca quadradaö*, é sem dúvida, uma prática que aponta levar muito tempo para o seu abandono.
- ✓ Moçambique precisa desenvolver e promover tecnologias que possibilitarão a transição aos combustíveis e tecnologias mais limpas utilizando recursos domésticos. No entanto, seria interessante melhorar a eficiência na produção e no consumo do carvão vegetal como também melhorar as políticas de sensibilização para a utilização de fogões eficientes, como o *õMbaulaö*.
- ✓ Outra medida que deveria ser intensificada é a expansão das áreas reflorestadas, de modo que, além de aumentar a oferta dos combustíveis da biomassa sólida (lenha e carvão) para a utilização energética, são importantes no sequestro de dióxido de carbono através das folhas verdes e na criação de emprego para a população local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Obras consultadas:

LIBÂNEO, José Carlos, *Didática Geral*, São Paulo, Cortêz Editora, 1992.

MARCONI, Maria de Andrade e LAKATOS, Eva Maria, *Técnica de Pesquisa*, 5ª edição, São Paulo, Editora Átlas, 2002.

PIÓRICHKINE, A. V. e RÓDINA, N. A, *Física I*, Editora Mir Moscovo, 1984.

Artigos da internet:

ALMEIDA, Maurício B., s/d, p.2 *Noções básicas sobre metodologia de pesquisa científica*
Disponível em: <ftp://ftp.unilins.edu.br/brenoortega/metodologia/metodologia.pdf> acesso em 20 de Outubro de 2013.

BARAÇAS, FRANCISCO José Loureiro e MACGADO, João Pedro Alves, *A Análise multicritério na tomada de Decisão ó O método analítico Hierárquico de T.L.Saaty*, Instituto Politécnico de Coimbra, 2006. Disponível em: http://prof.santana-e-silva.pt/gestao_de_empresamentos/trabalhos_alunos/ppt/Met%20Analitico%20Hierarquico-Princ%20Fund_PPT.pdf [Acesso em 20 de Abril].

BARBOSA, Gisele Silva. *O desafio do desenvolvimento sustentável*, 4ª edição, Vol. 1, Rio de Janeiro, 2008, p. 3-4. Disponível em: http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Deenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf, [Acesso em: 13/03/2013].

BARCELLOS, Daniel Câmara, *Forno container para a produção de carvão vegetal, Desempenho, Perfil Térmico e Controle da poluição*, Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.ipf.br/servicos/teses/arquivos/barcellos.dc-m.pdf>. [Acesso em: 23/03/2013].

DA SILVA, Ana Maria das Neves, et all, *A Biomassa florestal (lenha) Como Insumo Energético Para Artesãos da Cidade de Tracunhaém/pe*, s/d, p. 4) Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/953.pdf>. [Acesso em: 14/03/2013].

ESTENDER, António Carlos e PITTA, Tercia de Tasso Morreira. *O Conceito de Desenvolvimento Sustentável*, Instituto Siegem, s/d. ó Disponível em:

<http://www.institutosiegen.com.br/artigos/conceito_desenv_sustent.pdf>. [Acesso em: 13/03/2013].

FÁTIMA Artur, SOLIANO, Osvaldo, MARIEZCURRENA, Virgínia, *Estudos de Avaliação de Energias Renováveis em Moçambique*, Relatório Final de Consultoria, 2011. Disponível em:

<http://vascoequipmentmoz.webs.com/documents/SNV%20FinalReport_Port.pdf> [Acesso em 20/04/2013].

FERREIRA, Maria João e CAMPOS, Pedro, Dossiês Didáticos, XI ó O inquérito Estatístico, Uma Introdução à elaboração de questionários, amostragem, organização e apresentação dos resultados, s/d. [online] Disponível na internet via <http://homepage.ufp.pt/cmanso/ALEA/Dossier11.pdf>. Arquivo capturado 03 de Maio de 2012.

MATAVEIA, Marcelina. *Política de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis em Moçambique - Biomassa*, Maputo, 2011- Disponível em: <<http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/2.%20Policy%20New%20and%20Renewable%20energy%20-%20Ministry%20of%20Energy%20DENR.pdf>> , [Acesso em: 13/03/2013].

REGUEIRA, Tainah Madurreira, *Comparação entre a eficiência d dois modelos de fogão a lenha e seus impactos sobre o desmatamento da Caatinga*, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de ciências biológicas, Recife 2010. Disponível em: <http://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos_e_Publicacoes/Ecofogao/Ecofogao_ComparacaoEficienciaEnergetica.pdf> , [Acesso em: 20 de Julho 2013].

SANGA, Godfrey Alois, *Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para a cocção residencial urbanas na Tanzânia*, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de engenharia mecânica, Comissão de pós-graduação em engenharia mecânica, São Paulo- Brazil, Campinas, 2004, Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/tese_godfrey.pdf>, [Acesso em: 05 de Agosto de 2013].

SITOE, SALOMÃO e WERTZ-KANOUNNIKOFFÍ *õO contexto de REDD+ em Moçambique ó causas, actores e instituiçõesö. Publicação ocasional 76. CIFOR, Bogor, Indonésia, 2012 Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-76.pdf> [Acesso em 23/03/2013].*

TERENCE, Ana Cláudia Fernandes e FILHO, Edmundo Escrivão, *abordagem quantitativa, quantitativa e a utilização da pesquisa-acção nos estudos organizacionais*, 2006. Disponível em:

[http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/abordagem quantitativa qualitativa e a utilizacao da pesquisa acao nos estudos organizacionais.pdf](http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/abordagem_quantitativa_qualitativa_e_a_utilizacao_da_pesquisa_acao_nos_estudos_organizacionais.pdf), acesso em 20 de Outubro de 2013.

VICTORINO, Alfiado, *Estudo Sobre o Fogão a Carvão Vegetal e o Ensino de Física em Moçambique*, Beira, 1995 ó Disponível em: <[https://energypedia.info/imagens/3/3b/PT_Estudo_sobre_o_fogao a carvao vegetal e o ensino de Fisica em-Mocambique Alfiado Victorino.pdf](https://energypedia.info/imagens/3/3b/PT_Estudo_sobre_o_fogao_a_carvao_vegetal_e_o_ensino_de_Fisica_em-Mocambique_Alfiado_Victorino.pdf) > [Acesso em: 23/03/2013].

Documentos consultados:

FILHO, Oscar Bahia, *Tópicos em validação de Métodos, Escola Avançada de Metodologia em Química*, BF&A Consultores, 2003.

JEREMIAS, Vassilca Joaquim, *Energias Renováveis. Uma alternativa Sustentável para eletrificação Rural em Moçambique*, Maputo, 2008.

Sites conferidos:

1. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cr%C3%A9ditos_de_carbono> [Acesso em 20/04/2013].
2. <<http://www.coladaweb.com/administracao/metodos-e-tecnicas-de-pesquisa>> [Acesso em 20/04/2013].
3. <<http://fisicamatematicamarcelo.blogspot.com/2009/08/fisica-e-o-metodo-experimental.html>> [Acesso em 20/04/2013].