

Mário Silva Chacanza

Processos Físicos e Impactos Ambientais que Ocorrem na Produção de Carvão Vegetal:  
caso do Posto Administrativo de Ulónguè – Angónia – 2010/2011

Licenciatura em Ensino de Física

Universidade Pedagógica de Moçambique

Beira

2011

Mário Silva Chacanza

Uso de Modelo de Forno Fixo para a Produção de Carvão Vegetal e sua Aplicação na Sala de Aula

Trabalho de Monografia científica apresentado ao Curso de Física, Departamento de Ciências Naturais e Matemática, UP – Delegação da Beira, para obtenção de grau académico de Licenciatura em Ensino de Física.

Supervisor:

dr. Inácio Chaúque

Universidade Pedagógica de Moçambique

Beira

2011

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu Mário Silva Chacanza, declaro que esta monografia científica, com vista à obtenção do grau de Licenciatura em Ensino de Física é o resultado da minha investigação pessoal.

Declaro ainda que as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na referência bibliográfica, a referida monografia não foi apresentada em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Beira, aos 23 de Setembro de 2011

---

(Mário Silva Chacanza)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Manuel Charles Chacanza e Helena Silva Dongué, aos meus irmãos José, Sigalho, Emanuel, Charles, Polém, Emília, Josefa, Sebastiana, Esperança e Ilda, a minha querida namorada Virgínia, aos meus amigos, colegas e todos os que directa ou indirectamente, ao longo do percurso académico, fizeram de tudo para o sucesso alcançado.

## **AGRADECIMENTOS**

É com gratidão e humildade que manifesto os meus profundos agradecimentos a todos que contribuíram directamente na elaboração do trabalho. Deste modo, agradeço ao meu supervisor, dr. Inácio Chaúque, que ofereceu o seu apoio para que esta monografia se tornasse numa realidade.

Agradeço, no geral, a todo corpo docente da Universidade Pedagógica – Delegação da Beira, e em especial aos docentes do Departamento de Ciências Naturais e Matemática, Curso de Física que de uma forma sábia, orientaram a formação, cujo efeito se reflecte neste trabalho.

Agradeço igualmente aos meus pais, irmãos, colegas e amigos, pela compreensão e moral prestada durante a formação e na elaboração do presente trabalho; agradeço também aos produtores de carvão vegetal pela colaboração, em especial ao Cristovão Semo. E por último agradeço a todos que por razões de memória não foram mencionados mas que souberam encarar-me nos momentos difíceis na carreira estudantil para a concretização das minhas expectativas e objectivos.

**ÍNDICE:**

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE EQUAÇÕES .....	14
RESUMO .....	15
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO .....	16
1.1 Justificativa.....	17
1.2 Objectivos.....	19
1.2.1 Objectivo Geral .....	19
1.2.2 Objectivos Específicos .....	19
1.3 Enquadramento do Tema.....	19
1.4 Delimitação do Tema .....	20
1.5 Problema de Pesquisa.....	20
1.6 Hipóteses .....	21
1.7 Procedimento Metodológico .....	21
1.8 Técnicas de Tratamento de Dados.....	22
CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1 Conceito de Carvão Vegetal.....	23
2.1.1 Os Principais Tipos de Carvão Vegetal.....	24
2.1.2 Carbonização de Carvão Vegetal .....	25
2.1.3 Aplicação do Carvão Vegetal.....	27
2.2 Energia Cinética .....	28
2.3 Temperatura.....	29
2.4 Calor .....	30
2.5 Capacidade Térmica de um Corpo e Calor Específico de uma Substância.....	32
2.5.1 Capacidade Térmica.....	32
2.5.2 Determinação de Calor Específico .....	33
2.6 Transmissão de Calor .....	34

2.6.1 Transmissão de Calor por Condução.....	36
2.6.2 Transmissão de Calor por Convecção .....	37
2.6.3 Transmissão de Calor por Radiação Térmica.....	37
<b>CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA .....</b>	<b>41</b>
3.1 Localização geográfica do Distrito de Angónia .....	41
3.2 Breve Historial da Vila Ulónguè – Distrito de Angónia .....	42
3.3 Situação Ambiental do Distrito .....	44
3.3.1 Clima, Relevo e Solos .....	44
3.3.2 Precipitação .....	46
3.4 Actividade Predominante .....	46
3.4.1 As Culturas Predominantes em Angónia.....	46
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISE DO INQUÉRITO E DAS OBSERVAÇÕES EFECTUADAS AO LONGO DA PESQUISA .....</b>	<b>47</b>
4.1 Questionário Dirigido aos Produtores de Carvão Vegetal .....	47
4.2 Fases do Processo de Produção Artesanal de Carvão Vegetal com Recurso ao Tradicional Forno .....	52
<b>CAPÍTULO V: MODELO DE FORNO .....</b>	<b>56</b>
5.1 Modelo de Forno .....	56
5.1.1 Experiência nº 1 .....	57
5.1.2 Experiência nº 2 – Uso do Modelo na Sala de Aula.....	59
5.2 Discussão do Modelo na Sala de Aula .....	62
5.3 Lições Sobre o Meio Ambiente.....	63
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO, DIFICULDADES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>65</b>
6.1 Conclusão .....	65
6.2 Dificuldades Encontradas ao Longo da Pesquisa.....	66
6.3 Recomendações .....	66
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

Km<sup>2</sup> – Kilometro quadrado

hab./km<sup>2</sup> – Habitante por quilometro quadrado

cm – Centimetro

m – Metro

A.C – Antes de Cristo

SNE – Sistema Nacional de Educação

ESL – Escola Secundária de Lifidzi

INE – Instituto Nacional de Estatística

P.A.U. – Posto Administrativo de Ulónguè

H – Homem

M – Mulher

Fig. – Figura

$\Delta Q$  – Quantidade de calor

$\Delta t$  – Variação do tempo

$C$  – Capacidade térmica

$c$  – Calor específico

$m$  – Massa

$\Delta T$  – Variação da temperatura

$\Delta H$  – Variação da entalpia

eq. – Equação

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: População do Distrito, por Grandes Grupos Etários e %.....	40
Tabela 2: Sexo dos produtores de carvão vegetal.....	45
Tabela 3: A quantos anos está nesta actividade de produção de carvão vegetal?.....	46
Tabela 4: Usa o carvão vegetal como uma fonte de renda familiar?.....	46
Tabela 5: Para além da produção de carvão vegetal, pratica outra actividade como fonte de renda familiar?.....	47
Tabela 6: Se pratica, qual é esta actividade?.....	47
Tabela 7: Na tua opinião, esta forma de produção de carvão vegetal que tem usado é rentável?.....	48
Tabela 8: O carvão que produz sai totalmente do abate das árvores das florestas nativas?.....	48
Tabela 9: Não tem medo que um dia as árvores todas terminem e ficar sem uma delas para produzir o carvão vegetal que é uma das suas fontes de renda familiar?.....	48
Tabela 10: Qual é a quantidade de carvão vegetal que produz durante o período de um mês?.....	49
Tabela 11: Relação entre forno de produção de carvão, forno de queima de tijolos e fogão.....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Anos de produção de carvão vegetal por cada produto.....	46
Gráfico 2: Práticas de outras actividades, para além de produção de carvão como fonte de renda familiar.....	47
Gráfico 3: Quantidade de carvão produzido durante o período de um mês.....	49

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1:</b> A <i>esquerda</i> : matéria-prima. A <i>direita</i> : carvão já em estado acabado.....	22
<b>Fig. 2:</b> Visão esquemática do processo de carbonização de carvão.....	25
<b>Fig. 3:</b> Exemplos de situações diárias onde ocorre transferência de calor. A <i>esquerda</i> : chávena de café. A <i>direita</i> : garrafa térmica (termo).....	30
<b>Fig. 4:</b> Diagrama de transferência de calor de um corpo à alta temperatura para outro de baixa temperatura.....	30
<b>Fig. 5:</b> Corpos de mesmo material, mas de massas diferentes, têm capacidades térmicas diferentes.....	32
<b>Fig. 6:</b> O calor se transfere, por condução, ao longo da barra metálica, através da agitação dos átomos e moléculas deste barra metálica.....	34
<b>Fig. 7:</b> Em um líquido, o calor se transfere devido à formação de correntes de convecção.....	35
<b>Fig. 8:</b> Um corpo escuro absorve maior quantidade de radiação térmica do que um corpo claro.....	37
<b>Fig. 9:</b> Esquematização da ocorrência do fenómeno “efeito estufa”.....	38
<b>Fig. 10:</b> Mapa de Moçambique, localização geográfica do distrito de Angónia.....	39
<b>Fig. 11:</b> Monte Dómuè.....	43
<b>Fig. 12:</b> A <i>esquerda</i> , abate de árvore. A <i>direita</i> , destroncamento da árvore.....	51
<b>Fig. 13:</b> A <i>esquerda</i> , arrumação dos troncos. A <i>direita</i> , construção do muro de areia.....	51
<b>Fig. 14:</b> Carbonização da madeira.....	52
<b>Fig. 15:</b> A <i>esquerda</i> : Separação do carvão da areia. A <i>direita</i> : Ensacamento do carvão...53	53
<b>Fig. 16:</b> Forno de Superfície em formato fixo.....	54
<b>Fig. 17:</b> A <i>esquerda</i> : Produtor de carvão, a <i>direita</i> : autor envolvido na construção do modelo de forno fixo.....	55
<b>Fig. 18:</b> A imagem (a) representa a colocação de fogo no forno, a (b) representa o início da combustão e a (c) a parte final da carbonização.....	56
<b>Fig. 19:</b> Retirada do Carvão Vegetal.....	57
<b>Fig. 20:</b> Forno produzido em mini altura e a sua demonstração na sala de aula.....	58

- Fig. 21:** *A esquerda:* Escola Secundária de Lifidzi. *A direita:* Alunos da ESL na sala de aula.....70
- Fig. 22:** *A esquerda:* Queima de tijolos. *A direita:* Tijolos já queimados. Uma das causas que contribuí no desflorestamento do distrito de Angónia. Também pode ser usada para explicar o fenómeno de transmissão de calor.....70
- Fig. 23:** *A esquerda:* Produtores de carvão vegetal. *A direita:* Alunos da ESL no plantio de árvores.....71
- Fig. 24:** Autor no plantio de árvores.....71

**LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Força.....	26
Equação 2: Trabalho.....	26
Equação 3: Energia Cinética.....	27
Equação 4: Energia de Translação.....	27
Equação 5: Capacidade Térmica.....	31
Equação 6: Calor Específico.....	31
Equação 7: Quantidade de Calor.....	32
Equação 8: Calor calculado com base no $c$ e $\Delta T$ .....	33
Equação 9: Calor calculado com base na $\Delta H_{vap}$ .....	33
Equação 10: Determinação de volume.....	56

## RESUMO

O presente trabalho tem como tema “Processos Físicos e Impactos Ambientais que Ocorrem na Produção de Carvão Vegetal: caso do Posto Administrativo de Ulónguè – Angónia – 2010/2011”; como título “Uso de Modelo de Forno Fixo para a Produção de Carvão Vegetal e sua Aplicação na Sala de Aula”. A pesquisa tem como problema Como produzir carvão sem grandes prejuízos para o meio ambiente? Que actividades podem ser realizadas para actualizar o aluno sobre a física que está por detrás da produção de carvão vegetal? Tem como objectivo geral envolver os alunos no combate a redução dos efeitos negativos causados na produção de carvão vegetal e especificamente descrever os processos físicos que ocorrem na produção de carvão vegetal; identificar os impactos ambientais negativos que ocorrem ao longo do processo de produção de carvão vegetal; actualizar os alunos sobre as medidas da preservação do meio ambiente; propor o uso de um modelo de forno fixo para a produção de carvão vegetal que tenha um fim de explicar o fenómeno de transmissão de calor e seu efeito na natureza. Quanto ao tipo de pesquisa é qualitativa, com o recurso de métodos empíricos como, questionário, observação directa e método experimental, quanto a abordagem é uma pesquisa básica porque a sua finalidade é de gerar conhecimento útil a sociedade. O trabalho apresenta alternativa do uso de um forno não comum para a produção de carvão vegetal no seio da comunidade do Posto Administrativo de Ulónguè, de modo a obter maior rendimento sem grandes prejuízos para o meio ambiente em que o modelo tenha um fim didáctico. São apresentados dados acerca do processo de produção e do rendimento do produto final. Por fim, conclui-se que tal alternativa acena com a possibilidade de uma produção economicamente viável e ambientalmente sustentável.

**Palavras-chave:** *Produção; Carvão; Temperatura; Calor; Aquecimento.*

## CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

O presente trabalho, foi uma pesquisa sobre o processo de produção de carvão vegetal no Posto Administrativo de Ulónguè – Angónia, e uma abordagem didáctica do modelo de forno fixo para a produção de carvão vegetal. Nesta pesquisa o autor, centra-se sobretudo na física envolvida no processo de produção de carvão e os impactos ambientais causados ao longo do processo.

Do ponto de vista didáctico, a não utilização de métodos pedagógicos adequados no processo de ensino e aprendizagem, contribui sobre maneira para uma fraca percepção dos conteúdos programáticos, isto por parte dos alunos, o que por sua vez resulta no fraco rendimento pedagógico do professor.

Portanto, a não aquisição de conhecimentos sólidos no processo de ensino e aprendizagem, sobretudo no ensino da física, no que concerne aos aspectos qualitativos, faz com que os alunos não tenham menor ideia da importância do estudo dos fenómenos térmicos, mesmo que este e outros fenómenos façam parte do seu dia-a-dia.

É nesta perspectiva que, na abordagem do fenómeno de transmissão de calor, se propõe um subsídio do “mundo dos objectos e eventos”, sendo estes, factos familiares ao aluno, e que, ele traz como um repertório no seu senso comum, que posteriormente poderão ser interpretados no “mundo das teorias e modelos”, baseando-se nos conceitos “comungados” na comunidade científica.

Desta feita, no presente trabalho se faz um enfoque qualitativo na abordagem do fenómeno de transferência de calor, mediante o uso de um modelo experimental simples, para aprimorar a assimilação dos conceitos físicos relacionados com a matéria ao nível da 9<sup>a</sup> classe.

O trabalho é composto por cinco capítulos. Na parte introdutória faz-se a problematização da questão em pesquisa, a justificativa, o enquadramento do trabalho, os objectivos do trabalho, colocação das hipóteses da pesquisa e os procedimentos metodológicos. No capítulo-II consta a fundamentação teórica do estudo, baseada principalmente em aspectos qualitativos do conceito de carvão vegetal, um breve historial, principais tipos de carvão, processo de carbonização e sua aplicação, também faz menção ao processo de temperatura, calor e transferência de calor. No capítulo-III, apresenta-se uma breve descrição do local da pesquisa, concretamente no que se refere a localização geográfica e ao número de habitantes por quilómetro quadrado, situação ambiental e as actividades predominantes no distrito. No capítulo-IV, faz-se a apresentação, análise e interpretação dos resultados do inquérito feito sobre os produtores de carvão vegetal, e a sua respectiva discussão. Faz também a descrição das observações efectuadas pelo autor aos produtores de carvão. No capítulo-V, se dá uma proposta experimental de produção de carvão vegetal, se dá também, uma proposta experimental e conceptual na abordagem do fenómeno de transmissão de calor para o nível da 9<sup>a</sup> classe, enquanto no capítulo-VI, apresentam-se as conclusões, dificuldades e as sugestões que a pesquisa recomenda. E na última parte do relatório constam as referências bibliográficas seguidas dos apêndices.

### **1.1 Justificativa**

Nos dias de hoje a sociedade humana no geral, vem debatendo com a participação de quase todos os órgãos de informação a questão da grande “ameaça global”, provocada em grande escala pelas grandes potências e em pequenas escalas, pelos países em via de desenvolvimento.

O autor do presente trabalho considera pertinente o estudo do possível equilíbrio entre a produção de carvão vegetal e a preservação do meio ambiente, vai debruçar-se sobre a produção do carvão, que para além do aquecimento contribui em grande parte na desertificação da terra, porque recorre-se ao abate das árvores.

De acordo com a realidade moçambicana o carvão vegetal localmente produzido, vem a 100% das florestas nativas e o processo no geral é feito por produtores artesanais, onde estes por sua vez não têm noção dos problemas que vão causando e das consequências que poderão advir do abate descontrolado das árvores.

Para além do desflorestamento os produtores de carvão vegetal são co-responsáveis pela redução do oxigénio, redução do processo de fotossíntese, erosão, desaparecimento da fauna e por conseguinte causando deste modo a desertificação.

Deste modo, também constituiu como motivação a abordagem do tema por parte do autor, a possível ligação entre a produção de carvão vegetal e os fenómenos físicos que nele ocorre e a sua abordagem na sala de aula, concretamente no que se refere ao fenómeno de transmissão de calor. É importante salientar que a educação científica, especificamente o ensino da física visa a formação dos cidadãos autónomos, críticos e participantes no processo de construção de conhecimentos, na aula se criam e se transformam condições necessárias para que o aluno assimile os conteúdos e desenvolve habilidades, atitudes e suas convicções, incitando suas capacidades cognitivas. “E, o professor dotado de criatividade e flexibilidade, deve possuir a perspicácia de saber o que fazer frente a situações didáticas específicas, cujo rumo nem sempre é previsível” (LIBÂNEO, 1992).

Na análise feita ao Programa de Física referente a 9<sup>a</sup> classe, pelo autor durante a sua pesquisa na Escola Secundária de Lifidzi (ESL), este preconiza a realização de experiências laboratoriais que permitam uma percepção activa e significativa do fenómeno de transmissão de calor e efeito de calor na natureza. Tomando em conta que a escola não dispõe de laboratório para demonstração experimental, o autor reproduziu em mini altura o modelo de forno fixo, como um modelo experimental com o fim de relacionar o processo de produção de carvão vegetal aos fenómenos físicos que nele ocorre.

O estudo em torno do tema procura impulsionar o aluno da 9<sup>a</sup> classe, para um raciocínio científico na interpretação dos fenómenos térmicos, de maneiras não só de melhorar o seu empenho escolar, mas também incitar-lhe a autonomia crítica nas suas convicções, perante a interpretação dos factos do seu quotidiano no se refere ao processo de produção de carvão vegetal em relação aquilo que se faz sentir no seio da sociedade em que ele se insere.

## **1.2 Objectivos**

### **1.2.1 Objectivo Geral**

Envolver os alunos na redução dos efeitos negativos causados na produção de carvão vegetal.

### **1.2.2 Objectivos Específicos**

- Descrever os processos físicos que ocorrem na produção de carvão vegetal.
- Identificar os impactos ambientais negativos que ocorrem ao longo do processo de produção de carvão vegetal.
- Explicar aos alunos sobre as medidas da preservação do meio ambiente.
- Propor o uso de um modelo de forno fixo para a produção de carvão vegetal, construído na base de material local, que também permita concretizar experimentalmente o “fenómeno de transmissão de calor”.

## **1.3 Enquadramento do Tema**

Este tema insere-se no âmbito da ligação entre a teoria e a vida quotidiana dos alunos no processo de ensino-aprendizagem no que se refere ao processo de produção de “carvão vegetal” no que diz respeito ao conhecimento científico, tomando em consideração aos

conhecimentos dos alunos. Ao nível da 9ª classe, o tema enquadra-se na unidade temática I: fenómenos térmicos.

#### 1.4 Delimitação do Tema

O tema em pesquisa foi delimitado às características do processo de produção artesanal de carvão vegetal e o seu impacto em relação ao meio ambiente em uma unidade de produção de carvão vegetal, localizada na zona de Canadzi - P.A.U. Com alunos da 9ª classe da Escola Secundária de Lifidzi, ao longo do primeiro trimestre de 2011, na abordagem da unidade temática I: “fenómenos térmicos”, concretamente das formas de transmissão de calor.

#### 1.5 Problema de Pesquisa

A grande ameaça a que o mundo está sujeito é as mudanças climáticas, resultado do aquecimento global provocado pela poluição do meio ambiente e pelo desflorestamento.

A actual forma de produção de carvão vegetal em Moçambique causa problemas ambientais. Devido a produção excessiva de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), assiste-se o desflorestamento de grandes áreas e o uso dos actuais fornos causa empobrecimento do solo em uma grande extensão territorial.

Em Moçambique a questão “factor ambiental” não está isento da preocupação por parte do governo e da sociedade civil, a ameaça ao ambiente provém do abate de árvores para a produção de carvão, queimadas descontroladas, automóveis, fábricas e outros factores que provocam o aquecimento da Terra. Estes aspectos levam o autor a colocar as seguintes questões:

- *Como produzir carvão vegetal sem grandes prejuízos para o meio ambiente?*
- *Que actividade pode ser realizada para explicar o aluno sobre a física que está por detraz da produção de carvão vegetal?*

## 1.6 Hipóteses

Esta pressão pela produção auto-sustentável e pelo factor ambiental, tem dirigido por parte dos académicos e cientistas a busca por tecnologias mais limpas e eficientes que atendam este desígnio e sejam economicamente viáveis e uma produção menos poluente.

Para minimizar os problemas causados pela produção de carvão vegetal é necessário que

- Com a descrição das transformações físico-químicas do processo de produção de carvão vegetal vai permitir com que os alunos percebam melhor sobre a problemática do aquecimento global.
- O uso do modelo de forno fixo, vai permitir com que haja aumento da rentabilidade do processo de produção de carvão vegetal.
- Com a introdução do modelo experimental proposto para aula sobre o fenómeno de transmissão de calor, espera-se que, o nível de abordagem por parte do aluno seja meramente científico, comparando com a interpretação feita sem o uso do modelo experimental.

## 1.7 Procedimento Metodológico

*Pesquisa básica:* “é aquela que gera conhecimento, que pode ser útil a sociedade, sua finalidade é trazer algo para a sociedade” (LAKATOS & MARCONI, 1991:45). A metodologia permitiu ao autor obter informações detalhadas sobre o processo de produção de carvão vegetal, obtenção da matéria-prima, as fases da sua produção, os processos físicos envolvidos e as consequências para o meio ambiente.

*Pesquisa bibliográfica:* “Trata-se do levantamento de todas bibliografias já publicadas em forma de livros, revista, publicações avulta e impressa escrita” (LAKATOS & MARCONI, 1991:45). Sua finalidade é colocar o pesquisador em contacto directo com aquilo que foi escrito, fazendo uma análise paralela.

*Inquéritos* “é uma técnica que envolve perguntas aos respondentes, quer individualmente ou em grupo, em que as respostas às perguntas efectuadas podem ser registadas por escrito durante o inquérito ou gravadas”. (IMPELEMAREBO, GUJRAL & GAMA, 1999:51). Segundo RUIZ (1985:51), “consistiu num questionário escrito, dirigido a um grupo de 15 produtores de carvão vegetal. Inquérito este que, permitiu informar-se sobre o modo de vida que está relacionado com a produção e venda de carvão vegetal. Aos alunos o autor procurou discutir o modelo de forno e os processos físicos que ocorrem na produção de carvão.

### **1.8 Técnicas de Tratamento de Dados**

*Observação não participativa*: Consistiu na observação directa do processo de produção de carvão vegetal, na zona de Canadzi no Posto Administrativo de Ulónguè, Distrito de Angónia. Tendo se constatado que os fornos não são fixos. Ainda constatou-se o desaparecimento progressivo da matéria-prima para a produção de carvão vegetal, devido ao abate das árvores e há não reposição das mesmas.

Também foi observado um forno de queima de tijolos e o funcionamento de um fogão construído na base de tijolos como uma aproximação do forno de produção de carvão vegetal, para os alunos identificarem o tipo de transmissão de calor que ocorre.

*Comparativo e analítico*: Consistiu na análise e comparação dos resultados alcançados com os resultados antes previstos, com relação ao processo de produção de carvão vegetal. Serão comparados o rendimento do modelo de forno de carvão vegetal e do tradicional forno usado pelos produtores. Faz-se também a comparação do processo de transmissão de calor por um forno e por um fogão, de modo a identificar as semelhanças e diferenças.

*Análise-Síntese*: O pesquisador entra em mais detalhes sobre os dados decorrentes do trabalho estatístico, a fim de conseguir respostas as suas indagações, e procura estabelecer as relações necessárias entre os dados obtidos e as hipóteses formuladas. (MARCONI & LAKATOS, 1999:37)

## CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo o autor descreve de forma resumida o conceito, o processo de produção de carvão vegetal, suas vantagens, desvantagens, aplicação e os processos termodinâmicos.

### 2.1 Conceito de Carvão Vegetal

#### *Breve historial*

O carvão vegetal vem sendo usado desde das Antiguidade, na civilização egípcia tinha seu uso difundido na purificação de óleos e uso medicinal. Na Segunda Guerra Mundial serviu para a retirada de gases tóxicos a partir de sua elevada capacidade de absorver impurezas sem alterar sua estrutura, devido a sua composição porosa. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/geografia/carvão-vegetal.htm>, acessado em 22 de Março de 2010.

- O fabrico do Carvão existe desde da pré-história (Egipto - 3000 A.C );
- Utilizavam produtos derivados do carvão para embalsamar, preparando os corpos para o sepultamento;
- Na Europa a cerca de 1100 A.C, o fabrico industrial do carvão era importante;
- Principal combustível para indústria de ferro, antes da Revolução Industrial;
- No séc. XX, aumento no consumo, decorrente da crescente demanda do aço em outros países;
- Posterior declínio na produção, detrimento de combustíveis concorrentes como o coque<sup>1</sup>, carvão mineral, lignito;
- Década de 50, desenvolvimento da pirólise rápida;
- De 1814 até o final do século XIX – Primeiras críticas contra o desmatamento das florestas nativas;

---

<sup>1</sup> Coque – carvão poroso que se obtém como resíduo da destilação da hulha na produção do gás da hulha.



*Fig. 1: A esquerda: matéria-prima. A direita: carvão em estado acabado. Fonte: Pinheiro (2008).*

### *Conceito de Carvão Vegetal*

Segundo Heslop (s/d), é um material sólido poroso produzido pela queima de madeira ou por um processo natural a partir de substâncias vegetais submetidas a temperaturas terrestre no decurso de cerca de trezentos milhões de anos.

É o termo genérico do produto sólido obtido da carbonização<sup>2</sup> da madeira. Carvão vegetal é um “Resíduo sólido resultante da decomposição térmica da biomassa obtido pelo aquecimento *na ausência de ar* (pirólise)<sup>3</sup> a uma temperatura superior a 300°C” (PINHEIRO, 2008, sp)

#### **2.1.1 Os Principais Tipos de Carvão Vegetal**

a) Carvão para uso doméstico: o carvão não deve ser muito duro, deve ser facilmente inflamável e deve emitir o mínimo de fumo. Sua composição química não tem importância fundamental. Esse carvão pode ser obtido a baixas temperaturas (350-400 °C).

b) Carvão metalúrgico: utilizado na redução de minérios de ferro em altos-fornos, fundição, etc. A preparação desse carvão demanda técnicas mais elaboradas. A

<sup>2</sup> Gomes & Oliveira (1980) definem a carbonização como um processo que ocorre quando o material é aquecido em temperaturas superiores a 300, com a presença de uma quantidade controlada de oxigênio, gerando o desprendimento de vapor de água, gases não condensáveis, carvão — concentração de carbono fixo — e líquidos orgânicos.

<sup>3</sup> Pirólise – decomposição de uma substância por aquecimento a temperatura elevada.

carbonização deve ser conduzida a alta temperatura (650 °C no mínimo) com uma duração de processo bastante longa. As exigências de qualidade para este tipo de carvão são bastante severas. Do ponto de vista mecânico, ele deve ser denso, pouco friável e têm uma boa resistência e do ponto de vista da composição química, a taxa de materiais voláteis e cinzas deve ser baixa. O carvão deve ter no mínimo 80% de carbono.

c) Carvão para gasogénio. Força motriz: os critérios de caracterização são menos severos que os precedentes. O carvão não deve ser muito friável, sua densidade aparente não deve ultrapassar 0,3 e deve ter um teor em carbono de 75%.

d) Carvão activo: usado para descoloração de produtos alimentares, usos médicos, desinfecção, purificação de solventes, etc. O carvão deve ser leve e ter uma grande porosidade. Para aumentar o poder absorvente, certos tratamentos preliminares da Madeira podem ser efectuados.

e) Carvão para a indústria química: as exigências variam segundo o uso do carvão, mas de modo geral exige-se evidentemente uma boa pureza ligada a uma boa reactividade química.

f) Outros usos: carvão para a indústria de cimento (produto pulverizado e com boa implacabilidade, etc.).

### **2.1.2 Carbonização de Carvão Vegetal**

O uso energético da biomassa vem sendo valorizado como forma alternativa ao uso de combustíveis fósseis, principalmente por ser uma fonte renovável.

Na conversão energética da biomassa (gramíneas, bagaço de cana, casca de arroz, casca de coco, madeira, entre outras), faz-se uso dos processos termoquímicos. A biomassa é

submetida à acção do calor até transformá-la em compostos mais simples (PINHEIRO *et. al.*, 2006).

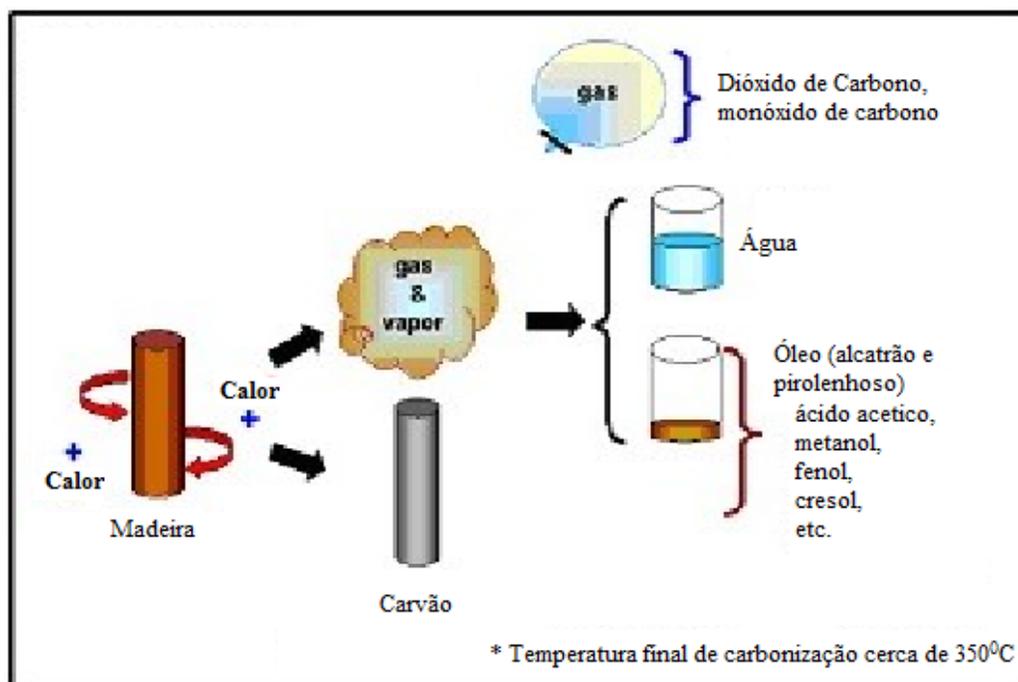
A madeira é composta basicamente de carbono, oxigénio, água, hidrogénio, nitrogénio e sais minerais (OLIVEIRA *et. al.*, 1980), constituindo-se num dos componentes da biomassa de maior uso energético, por possuir características atraentes tais como produtividade, qualidade e massa específica adequada, além do seu baixo custo (PINHEIRO *et. al.*, 2006).

O processo da decomposição térmica pode resultar em destilação seca, quando realizado sob completa ausência de ar, recuperando-se todos os produtos provenientes da carbonização e obtendo-se o carbono fixo em forma de carvão vegetal. Quando a queima ocorre ao ar, a madeira se transforma em fumos, restando cinzas ou óxidos minerais (GOMES *et. al.*, 1980).

Segundo Pinheiro *et. al.* (2006, s/d), a carbonização é um processo em que a madeira é submetida a aquecimento entre 450°C e 550°C em ambiente fechado, com pequena quantidade ou exclusão total de ar e durante o qual são libertados gases, vapores de água e líquidos orgânicos, permanecendo como resíduos, principalmente, o alcatrão e o carvão vegetal.

Diante do exposto, todos os processos práticos estão baseados nesse princípio e as variações que porventura possam existir ficam por conta dos aspectos técnicos do processo, tais como tamanho e capacidade dos equipamentos e instalações, dos níveis de controle do processo e origem do calor (BRITO, 1990).

Segundo Pimenta (2007, s/d), na prática, independentemente dos equipamentos utilizados para a obtenção do carvão vegetal, faz-se necessário o controle dos parâmetros da carbonização, tais como o tempo, a temperatura final de carbonização e a taxa de aquecimento. Estes factores actuam sobre o rendimento do processo de carbonização podendo influenciar de forma significativa os rendimentos dos produtos e as características físicas e químicas do carvão obtido.



**Fig. 2:** Visão esquemática do processo de carbonização de carvão. Fonte: Pinheiro (2008), adaptado pelo autor.

Em suma o carvão vegetal é obtido a partir da queima ou carbonização de madeira, após esse processo resulta em uma substância negra. Mas, segundo as técnicas para sua obtenção e o uso para o qual ele é destinado, pode-se obter carvões muito diferentes. O rendimento em carvão vegetal gira em torno dos limites de 25 a 35% com base na madeira seca.

### 2.1.3 Aplicação do Carvão Vegetal

No quotidiano o carvão vegetal é utilizado como combustível de aquecedores, lareira, churrasqueiras e fogões a carvão, além de abastecer alguns sectores industriais como as siderúrgicas e metalúrgicas.

O carvão também é usado na medicina, nesse caso chamado de carvão activado oriundo de determinadas madeiras de aspecto mole e não resinosas.

O carvão também se destaca na condução de oxigénio e um eficiente disseminador de toxinas. Diante de várias indicações positivas do carvão pode-se destacar o seu uso no tratamento de dores estomacais, mau hálito, aftas, gases intestinais, diarreias infecciosas, disenteria hepática e intoxicações.

## 2.2 Energia Cinética

Energia cinética dum corpo é a energia que ele possui devido a sua massa e velocidade. Esta pode ser definida à custa de grandezas mecânicas (*massa, velocidade, força e deslocamento*), constituindo desta forma uma Energia Mecânica.

Suponhamos que se aplica uma força constante  $F$ , ou uma força resultante constante a um ponto material de massa  $m$  em repouso. Ele adquire movimento rectilíneo acelerado, sendo

$$F = m \cdot a \tag{1}$$

Após ter efectuado um deslocamento  $\Delta s$ , tem a velocidade  $v$ .

Como  $v^2 = 2a\Delta s$ , resulta  $a = \frac{v^2}{2\Delta s}$ , donde  $F = m \cdot a$ , ou,

$$F = \frac{mv^2}{2\Delta s}, \text{ ou ainda } F\Delta s = \frac{mv^2}{2}$$

Ora  $F\Delta s$  é o trabalho da força considerada. Portanto,

$$W = \frac{1}{2}mv^2 \tag{2}$$

Este trabalho pode ser interpretado como energia cinética de um corpo de massa  $m$  com a velocidade  $v$  segundo a eq. 3; portanto  $W = \Delta E_c$ , logo teremos:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

Esta energia analisada num ponto de vista microscópica, ajuda a percebermos o comportamento térmico das partículas elementares da matéria, nos processos onde se manifesta como energia interna de translação das moléculas.

Deste modo, o valor médio da energia de movimento das moléculas varia com o variar da temperatura, de acordo com a expressão da eq. 5.

$$E_{trans} = \frac{3}{2}KT \quad (4)$$

### 2.3 Temperatura

Podemos dizer que a sensação de frio ou quente medida pela pele humana. Por exemplo se tivermos duas barras, uma metálica e outra de madeira, as indicações da nossa pele é de que a barra metálica é mais fria que a de madeira. Isto é, a barra de madeira é mais quente.

Esta forma de entender a temperatura envolve muita subjectividade na sua interpretação deixando margem de algumas explicações que não são explicadas apenas pela sensação da pele humana.

Sob ponto de vista da Termodinâmica microscópica, o conceito de temperatura está relacionado com a energia cinética das moléculas do corpo. Sendo assim, “a temperatura é a propriedade da matéria (ou sistema) que indica o nível da concentração da energia em cada uma das moléculas da mesma” (BUSC (EP), 1997:287).

Temperatura de um corpo “é uma medida da agitação média dos corpúsculos que o constituem. Quanto maior for a agitação ou o movimento dos corpúsculos, maior será a temperatura do corpo”. (CAVALEIRO & BELEZA, 1997:21)

A temperatura de uma substância indica o seu estado térmico e a sua habilidade de trocar energia com outras substâncias que esteja em comunicação térmica. Neste sentido, uma substância a uma temperatura mais alta pode ceder calor a outra a uma temperatura mais baixa. Porém esta condutibilidade térmica de um corpo para o outro ou de um sistema para outro, depende da natureza do material em que os corpos ou sistemas são constituídos.

## 2.4 Calor

Quando colocamos dois objectos (ou sistemas) em contacto a temperaturas diferentes, constatamos uma diminuição da temperatura do objecto mais quente e um aumento da temperatura do mais frio, até que os dois objectos alcancem a mesma temperatura, estabelecendo-se assim o equilíbrio térmico.

Em termos da energia interna acontece, neste caso, o seguinte: existe uma conversão da energia interna do objecto, à temperatura mais alta, para calor o qual é transferido para o objecto à temperatura mais baixa. O fluxo ou transferência de calor cessa, quando os dois objectos atingem a mesma temperatura.

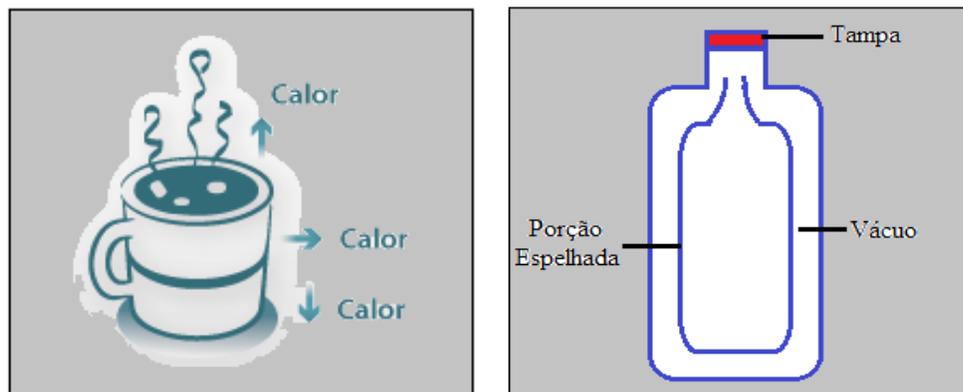
A grandeza que indica o equilíbrio térmico é a temperatura e não calor. Sendo assim, segundo Cavaleiro & Beleza (1997:23) “calor é a energia transferida entre dois corpos (ou dois sistemas) que se encontram a temperaturas diferentes”, ou dum sistema para o meio ambiente em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles.

Segundo Roxo & Massa (1988:242), Calor “é uma energia em trânsito, uma vez que há transferência de energia cinética das partículas do corpo a maior temperatura para as do corpo a temperatura inferior”.

Para o caso de combustão da madeira, as que estiverem em chamas transmitem integralmente o calor para o restante das madeiras por meio da radiação térmica, neste caso ocorre num meio fechado totalmente na ausência da luz, com insuficiência ou ausência total do ar exterior o processo ocorre no interior do forno.

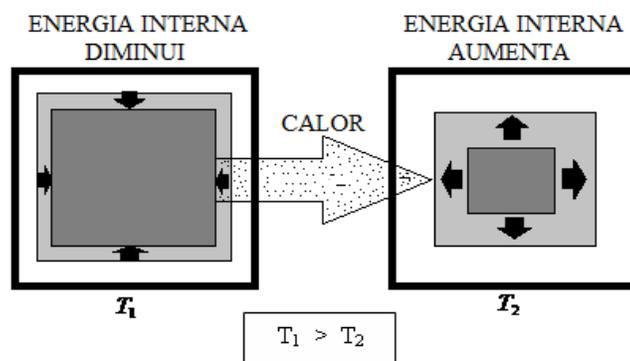
Muitas ocorrências do dia-a-dia envolvem transferência de calor (Fig. 3): arrefecimento do café numa chávena, favorecido pelo sopro sobre a sua superfície, aquecimento de água numa chaleira, a utilização de garrafas térmicas (termos) para evitar o rápido arrefecimento de líquidos quentes, arrefecimento de alimentos no frigorífico ou o seu aquecimento num forno eléctrico, o arrefecimento do radiador do carro pelo ar ambiente circulante; no conforto humano refira-se os sistemas de ar condicionado, o aquecimento central, os aquecedores a óleo, o aquecimento do ar por meio de uma lareira, (ou simplesmente uma camada de ar entre duas camadas de tijolo), a utilização de vidros duplos em vez de vidros simples, etc.

A garrafa térmica, permite a conservação por um tempo maior da temperatura de um líquido em seu interior. Isso se dá diminuindo as trocas de calor com o ambiente da seguinte maneira: *tampa* evita convecção; *vácuo* evita condução e convecção; e a *parede espelhada* evita irradiação.



**Fig. 3:** Exemplos de situações diárias onde ocorre transferência de calor. *A esquerda:* chávena de café. *A direita:* garrafa térmica (termo). Fonte: autor (Abril/2011)

De um modo geral este princípio pode ser demonstrado no diagrama da figura abaixo.



**Fig. 4:** Diagrama de transferência de calor de um corpo à alta temperatura para outro de baixa temperatura. Fonte: autor (Abril/2011)

## 2.5 Capacidade Térmica de um Corpo e Calor Específico de uma Substância

### 2.5.1 Capacidade Térmica

Ao ligar um aparelho de fornecimento de calor, a uma fonte de tensão, o fornecimento do calor aumenta gradualmente até um certo instante em que o fornecimento torna-se constante, logo, a quantidade de calor fornecido nos instantes iniciais, é diferente da quantidade de calor fornecido nos instantes subsequentes.

Se um corpo recebe uma quantidade de calor  $\Delta Q$  e sua temperatura varia de  $\Delta t$ , a capacidade térmica deste corpo é dada por:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (5)$$

### 2.5.2 Determinação de Calor Específico

De um modo geral, o valor da capacidade térmica varia de um corpo para outro. Mesmo que sejam feitos de um mesmo material, dois corpos podem ter capacidades térmicas diferentes, desde que suas massas sejam diferentes.

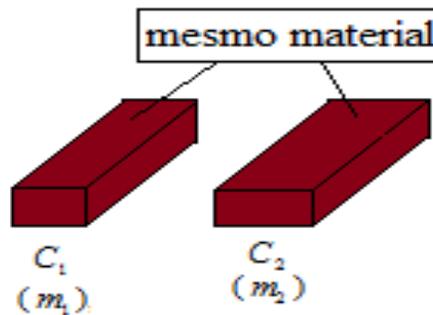
Assim, se tomarmos tijolos feitos de um mesmo material, de massas  $m_1$ ,  $m_2$ , etc. (Fig. 4), suas capacidades térmicas  $C_1$ ,  $C_2$ , etc. Serão diferentes. Entretanto, verificou-se que, devido a capacidade térmica de cada tijolo pela sua massa, obtém-se o mesmo resultado para todos os tijolos, isto é

$$\frac{C_1}{m_1} = \frac{C_2}{m_2} = \dots = \frac{C_n}{m_n} \text{ (mesmo material)}$$

Então, o quociente  $\frac{C}{m}$  é constante para um dado material, variando, porém, de um material para outro. Este quociente é denominado calor específico, do material. Logo: se um corpo de massa  $m$  tem uma capacidade térmica  $C$ , o calor específico,  $c$ , do material que constitui o corpo é dado por:

$$c = \frac{C}{m}; \text{ onde } C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \text{ substituindo teremos:}$$

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t} \quad (6)$$



**Fig. 5:** Corpos de mesmo material, mas de massas diferentes, têm capacidades térmicas diferentes. Fonte: autor (Abril/2011).

A capacidade térmica de um corpo foi definida como  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ . Então, a quantidade de calor,  $\Delta Q$ , que um corpo absorve (ou liberta) quando sua temperatura varia de  $\Delta t$ , é dada por:

$$\Delta Q = C \cdot \Delta t$$

Podemos, ainda, expressar  $\Delta Q$  em função do calor específico,  $c$ , e da massa,  $m$ , do corpo, lembrando que  $c = \frac{C}{m}$ , donde  $C = m \cdot c$ . Sendo assim a quantidade de calor,  $\Delta Q$ , absorvida ou libertada por um corpo de massa  $m$  e calor específico  $c$ , quando sua temperatura varia de  $\Delta t$ , pode ser calculada pela seguinte relação matemática:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (7)$$

## 2.6 Transmissão de Calor

A troca de energia interna entre um corpo e o meio exterior ou entre as próprias partículas desse corpo que decorre sem que se realize trabalho mecânico recebe o nome de troca de calor.

Esta energia térmica transferida “para o” ou “do” corpo é designada por “Calor” e o processo é designado por Transferência de Calor. Não ocorrendo mudança de estado físico, a variação de energia interna sofrida por um corpo, de massa  $m$ , é igual ao calor transferido ( $Q$ ) e pode ser estimada pela variação de temperatura ocorrida ( $\Delta T$ ), conhecido o seu calor específico ( $c$ ), como transcrito de uma forma simplista pela eq. 8. Havendo mudança de estado, a temperatura mantém-se constante, por exemplo na evaporação de uma massa  $m$  de um líquido, e o calor associado é calculado com recurso à eq. 9, onde  $\Delta H_{\text{vap}}$  é a entalpia específica de vaporização (obtida por subtração da entalpia do líquido à entalpia do gás).

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (8)$$

$$Q = m \cdot \Delta H_{\text{vap}} \quad (9)$$

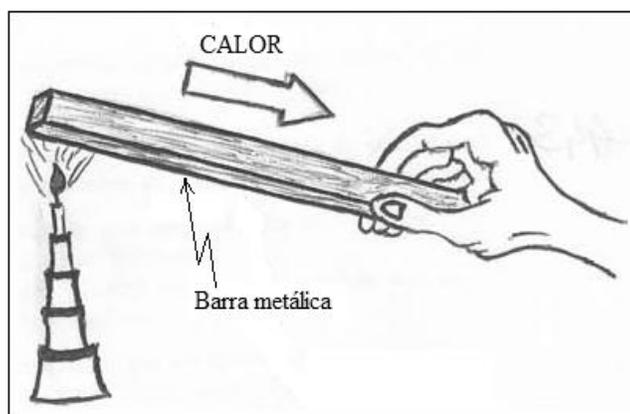
Existindo regiões no espaço a diferentes temperaturas (sendo esta diferença a força-motriz), ocorrerá transferência de calor no sentido das zonas onde a temperatura é mais baixa. Essa transferência pode ocorrer pelo mecanismo da *condução*, *convecção* e/ou *radiação* dependendo se ela se efectua através de sólidos ou de fluidos.

Uma troca de energia desta natureza é determinada por uma grande quantidade de interações individuais entre as moléculas, isto é, por um elevado número de micro processos. Por exemplo, o arrefecimento do carvão em contacto com o ar é devido à troca de energia entre as moléculas de ar e do carvão durante as suas colisões mútuas. Neste sentido, o aquecimento do ar e o arrefecimento do carvão durante este processo explica-se pelo facto de maior parte das colisões serem as moléculas do ar a receber energia e as do carvão a perdê-la. (...). Quando as duas temperaturas atingem o mesmo valor, o aumento e a diminuição da energia das moléculas de ar durante as colisões com as moléculas do carvão passam a ser processos com ocorrência igualmente provável; as trocas de energia entre o ar e o carvão deixam de se efectuar. (JDÀNOV 1981:82-83)

### 2.6.1 Transmissão de Calor por Condução

Se colocarmos uma extremidade de uma barra metálica sobre uma chama e segurarmos na outra extremidade, notaremos que esta se torna cada vez mais quente, apesar de não estar em contacto directo com o fogo. Diremos que o calor atingiu a extremidade mais fria da barra por *condução* através do material que a constitui. As moléculas da extremidade quente da barra aumentam a amplitude de sua vibração à medida que a temperatura aumenta.

Verificam-se então colisões dessas moléculas com as suas vizinhas, menos próximas da extremidade mais quente, e que se movem mais lentamente: assim, parte da energia das moléculas da extremidade mais quente é absorvida pelas vizinhas, e o processo se repete progressivamente. Desse modo, a energia térmica se propaga de uma molécula para outra, sem que se desloquem as moléculas de sua posição inicial.

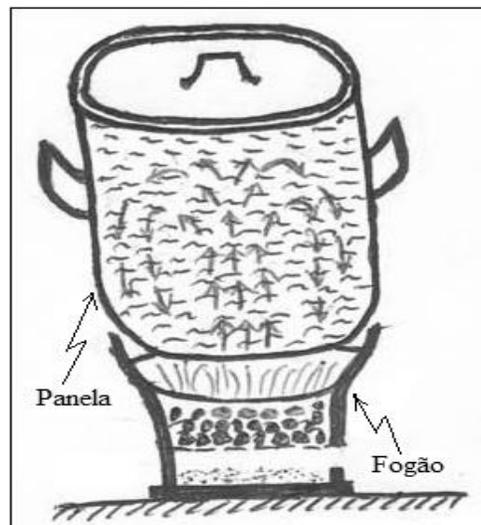


**Fig. 6:** O calor se transfere, por condução, ao longo da barra metálica, através da agitação dos átomos e moléculas deste barra metálica. Fonte: autor (Abril/2011).

É factos conhecidos ser os metais bons condutores de calor e electricidade. À capacidade de serem bons condutores de electricidade deve-se a existência dos electrões “livres”, isto é, dos electrões que se separam de suas moléculas. Os electrões livres também tomam parte na condução do calor: a razão pela qual os metais são bons condutores de calor é exactamente o facto de tanto os electrões livres como as moléculas tomarem parte na transmissão de energia térmica das partes quentes para as partes frias.

### 2.6.2 Transmissão de Calor por Convecção

Quando se coloca uma panela com água a temperatura ambiente sobre um fogão com chama, a camada de água no fundo da panela recebe calor da chama, por condução. Conseqüentemente, o volume desta camada aumenta e, então, sua densidade diminui, fazendo com que ela se desloque para a parte superior da panela e seja substituída por água mais fria e mais densa, proveniente desta região superior. O processo contínuo, com uma circulação contínua de correntes de água mais quente para cima e mais fria para baixo, denominadas *correntes de convecção* (Fig. 7). Assim, o calor que é transmitido, por convecção, às camadas inferiores, vai sendo distribuído, por convecção, a toda a massa do líquido, através do movimento de translação do próprio líquido. Por sua vez este processo também ocorre nos gases quando são aquecidos.



**Fig. 7:** Em um líquido, o calor se transfere devido à formação de correntes de convecção. Fonte: autor (Abril/2011).

### 2.6.3 Transmissão de Calor por Radiação Térmica

Todos os corpos aquecidos emitem radiações térmicas que, ao serem absorvidas por um corpo, provocam, nele, uma elevação de temperatura. (ÁLVARES & LUZ, 1979:418)

De um modo geral, o calor que uma pessoa recebe quando está próximo de um corpo aquecido, chega até ele, pelos três processos: condução, convecção e radiação. Quanto maior for a temperatura do corpo aquecido, maior será a quantidade de calor transmitida por radiação, como acontece quando um indivíduo se encontra próximo a um forno ou uma fogueira. (ÁLVARES & LUZ, 1979:418).

A forma mais simples e mais difundida de radiação é a radiação térmica: a energia libertada pelos átomos sob a forma de luz é compensada pela energia do movimento térmico dos átomos (ou moléculas) do corpo que irradia. Quanto maior é a temperatura do corpo tanto mais rapidamente se movem os átomos. Quando os átomos rápidos ( ou moléculas) colidem uns com os outros, parte da sua energia cinética transforma-se em energia de excitação dos átomos que depois irradiam luz. Disponível em: [http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Wien/Lei\\_Wien.html](http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Wien/Lei_Wien.html) acessado em 12 de Abril de 2011.

A radiação solar é um exemplo de radiação térmica. Uma lâmpada habitual incandescente é um emissor térmico de luz. É um emissor muito cómodo, mas pouco económico. Só cerca de 12% de toda a energia libertada pelo filamento da lâmpada eléctrica se transforma em energia luminosa. Finalmente, outro emissor térmico de luz é a chama. As partículas de fuligem (partes do combustível ainda não queimadas) tornam-se incandescentes, graças à energia libertada durante a combustão, e emitem luz. Disponível em: [http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Wien/Lei\\_Wien.html](http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Wien/Lei_Wien.html) acessado em 12 de Abril de 2011.

Processo de transmissão de calor através de ondas electromagnéticas (ondas de calor). Trata-se da única forma de propagação de calor que pode ocorrer tanto no vácuo quanto em outros meios. Alguns materiais não permitem propagação de calor, os chamados atérmicos. Já os meios que permitem a radiação são chamados diatérmicos.

Quando a radiação térmica incide em um corpo, parte dela é absorvida e parte é reflectida por ele. Os corpos escuros absorvem a maior parte da radiação que neles incide. É por isto

que um objecto preto, colocado ao Sol, tem a sua temperatura sensivelmente elevada. Por outro lado, os corpos claros reflectem quase totalmente a radiação térmica incidente e, por isto, nos climas quentes, as pessoas usam frequentemente roupas brancas (Fig. 8).



**Fig. 8:** Um corpo escuro absorve maior quantidade de radiação térmica do que um corpo claro. Fonte: Álvares & Luz (1979).

Um dos exemplos de aplicação da irradiação é a estufa de plantas. Nas estufas, o tecto é feito de vidro transparente. A luz solar (energia radiante) atravessa as paredes de vidro e a energia é absorvida pelas plantas e objectos no interior da estufa.

Posteriormente, essa energia é emitida (irradiada) na forma de raios infravermelhos que não atravessam o vidro; assim o interior da estufa mantém-se aquecido.

O vapor de água e o dióxido de carbono presente na atmosfera terrestre dificultam a propagação dos raios infravermelhos. Com isso, a energia térmica emitida pela Terra fica, em parte, retida. O aumento progressivo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), principalmente devido às indústrias e aos carros, que lançam grandes quantidades de gases na atmosfera, entre eles o  $\text{CO}_2$ , faz com que se acentue tal fenómeno, denominado “efeito estufa”. Devido ao “efeito estufa”, a energia média da Terra tende a aumentar, provocando derretimento do gelo polar (fusão) com graves consequências para o planeta, desde

grandes inundações, estiagem, até doenças de pele nos seres vivos. Os problemas que podem surgir, se o “efeito estufa” não for controlado, são muito amplos para a vida na Terra.

Segundo Menezes, Nhabique e Sefane (2010:18) podemos assim concluir que: na transmissão de calor por condução, o calor propaga-se devido à agitação de moléculas, enquanto na transmissão por convecção há um deslocamento global da própria massa, líquida ou gasosa, sob a forma de correntes de fluidos. Ao contrário das duas formas anteriores, na propagação do calor por radiação não há intervenção da matéria.



**Fig. 9:** Esquemática da ocorrência do fenómeno “efeito estufa”. Fonte: <http://www.gasa3.dcea.fct.unl.pt/Assa/projectos/assa2000/tf33/#A2>.

De acordo com a realidade do aluno o fenómeno “efeito estufa”, pode ser relacionado com a produção de carvão vegetal e com o processo de queima de tijolos. Dados estes dois casos serem parte do contributo ao desflorestamento. Ambos os processos de produção de carvão e queima de tijolos ocorrem a transmissão de calor por radiação térmica.

### CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

Neste capítulo, vai-se descrever o local onde foi desenvolvida a pesquisa, onde se fará o breve historial, situação geográfica da Vila Ulónguè – Distrito de Angónia.

#### 3.1 Localização geográfica do Distrito de Angónia

Situa-se ao extremo norte-nordeste da província de Tete, sendo limitado a norte, nordeste e este pelo território vizinho Malawi, a sul pelo distrito de Tsangano e a noroeste pelo distrito de Macanga. Disponível em: <http://aefum-tete.blogspot.com/2010/02/relatorio-da-5a-edicao-do-pfdd-2010.html>, acessado em 11 de Setembro de 2010.



*Fig. 10:* Mapa de Moçambique, localização geográfica do distrito de Angónia. Fonte: Estrateg\_plan\_acciao\_conserv\_diversidade\_bio\_moz.pdf. Adaptado pelo autor.

Com uma superfície de 3,259 km<sup>2</sup> e uma população cerca de 298,815 habitantes (censo de 2007), 97,9hab./km<sup>2</sup>, com dezoito (18) localidades e dois (2) postos administrativos, sendo Ulónguè com sete (7) e Dómuè com onze (11) localidades.

Tabela 1: População do Distrito, por Grandes Grupos Etários e %.

<b>Grupos Etários e Sexo</b>	<b>Distrito de Angónia</b>	
	<b>Número</b>	<b>%</b>
<b>Total</b>	<b>298,815</b>	<b>100</b>
Homem	143,889	48.2
Mulher	154,926	51.8
<b>Grupos Especiais</b>	<b>298,815</b>	<b>100</b>
0 – 14 anos	142,521	47.7
15 – 64 anos	146,096	48.9
65 anos e mais	10,198	3.4

Fonte: INE - III Recenseamento Geral da População e Habitação 2007, Adaptado pelo Autor

### 3.2 Breve Historial da Vila Ulónguè – Distrito de Angónia

A população originária da região, os Angónis é resultado de uma mistura entre os povos Achewas e os Nguni.

A liderança tradicional é assegurada pelos seguintes representantes do poder ao nível da comunidade:

- Régulos e Secretários de Bairros;
- Chefes de Grupos de Povoações;
- Chefe da Povoação;
- Outras personalidades na comunidade respeitadas e legitimadas pelo seu papel.

Na liderança tradicional existe uma espécie de divisão de trabalho e de funções entre os diferentes líderes das comunidades. Assim, os Secretários têm hoje como função principal a mobilização da comunidade para as tarefas sociais e económicas. Os líderes tradicionais tratam principalmente dos aspectos tradicionais, tais como, cerimónias, ritos e conflitos sociais.

No âmbito da implementação do Decreto 15/2000 sobre as autoridades comunitárias de 1ª e 2ª linha (régulos, chefes de terras e Secretários de bairro), de acordo com as entidades provinciais e distritais, foi levado a cabo um trabalho de divulgação do mesmo em todas as camadas sociais.

Foram legitimados oito (8) Ndunas<sup>4</sup> e vinte e oito (28) Nhacuawas<sup>5</sup> que constituem a estrutura paralela aos chefes de 10 casas, com maior aceitação junto das comunidades. Para além destes, foram legitimados e reconhecidos três (3) Régulos.

Os conflitos locais são mediados pelas autoridades distritais e provinciais, pelos chefes tradicionais, pela Igreja Católica e por outras Igrejas, incluindo a Igreja Reformada, Testemunhas de Jeová, a Igreja Adventista do Sétimo Dia e a Assembleia de Deus. Adicionalmente, comerciantes proeminentes, professores e outros cidadãos também jogam um papel importante na mediação de conflitos.

A relação entre a Administração do Distrito e as Autoridades Comunitárias é positiva e tem contribuído para a solução dos vários problemas locais, nomeadamente os surgidos devido aos conflitos de terras existentes no distrito e outros que caem no âmbito das suas competências, nomeadamente:

- Colaboração na manutenção da Paz e harmonia social;
- Articulação com os tribunais comunitários na resolução de conflitos de natureza civil, tomando em conta os usos e costumes locais;
- Mobilização e organização das populações para construção e manutenção de fontes de água e aumento da área de produção.

Através dos líderes comunitários, as populações têm-se envolvido na busca de soluções para os problemas existentes, nomeadamente, no combate à criminalidade, em colaboração com a Polícia Comunitária, através da apreensão e denúncia de delinquentes;

---

<sup>4</sup> Ndunas – Seguranças dos líderes comunitários

<sup>5</sup> Nhacuawas – Líderes comunitários

no combate ao cultivo, consumo e comercialização de estupefacientes (*suruma*); na abertura de vias de acesso; na confecção de tijolos no âmbito do programa de “comida por trabalho” e na abertura de poços comunitários usando material convencional ou local.

A religião dominante é a Católica, praticada pela maioria da população do distrito. Existem outras crenças no distrito, sendo prática corrente que os representantes das hierarquias religiosas se envolvam, em coordenação com as autoridades distritais, em várias actividades de ídole social.

### **3.3 Situação Ambiental do Distrito**

#### **3.3.1 Clima, Relevo e Solos**

O distrito é coberto pelo clima temperado influenciado fortemente pela altitude. Apresenta uma grande variação de precipitação, de 725mm a 1149mm com maior parte da queda pluviométrica (90%) acontecendo entre finais de Novembro e princípios de Abril. O padrão de temperaturas é condicionado pela altitude a qual varia de 700m até 1655m, com a temperatura média para Ulónguè cerca de 23,1°C. Disponível em: <http://aefumtete.blogspot.com/2010/02/relatorio-da-5a-edicao-do-pfdd-2010.html>, acessado em 11 de Setembro de 2010

A topografia é predominantemente muito ondulada a dissecada nesta região de alta altitude, que ocorre de forma fragmentada sendo geograficamente localizada nas zonas do complexo de Marávia – Angónia. As principais formações montanhosas são; o monte Dómuè – 2095m, Macungua – 1797m e Chirobwé – 2021m de altitude.



*Fig. 11:* Monte Dómuè. Fonte: autor (Setembro/2010)

Os solos são do tipo ferralíticos, vermelhos e castanho-avermelhados, de textura pesada, profundos e moderadamente bem drenada, ligeira e fortemente lixiviados, contudo apresentado boas capacidades de retenção de água. O relevo é dominado por interflúvios intercalados por vales estreitos e muito profundos, podendo ocorrer ainda e de forma isolada afloramentos rochosos tipo inselbergs.

O distrito em termos fisiográficos pode ser dividido em várias regiões, nomeadamente:

- Terrenos colinosos, bastante dissecados, limitados por uma faixa estreita de transição, de terrenos rejuvenescidos com poucos fundos de vales, e afloramentos comuns, que cobre cerca de metade do distrito;
- Uma paisagem cortada por vales de rios incisivos, limitando interflúvios moderadamente drenados;
- Uma zona rejuvenescida ondulada e ainda com poucos vales com fundos planos; e
- Uma região que é caracterizada pela ocorrência de interflúvios suavemente ondulados a ondulados, de topos convexos, moderadamente conhecidos por dambos<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Dambo – Zonas baixas, geralmente próximas dos rios.

### 3.3.2 Precipitação

No distrito, cai uma enorme quantidade de chuvas nota-se a formação de saraivas (tais saraivas formam-se a partir de cristas de gelo) estas que são formadas na parte superior da nuvem e que crescem rapidamente ao caírem e chocarem com gotas de água em sobre fusão, formando grãos de gelo de dimensões variáveis com um diâmetro superior a 5mm. Disponível em: <http://aefum-tete.blogspot.com/2010/02/relatorio-da-5a-edicao-do-pfdd-2010.html>, acessado em 11 de Setembro de 2010

Há formação de orvalho, isto acontece quando a temperatura dos corpos expostos ao ar se torna inferior ao ponto de saturar o ar, como sucede geralmente em noites húmidas, onde a irradiação é muito intensa, o vapor de água em excesso condensa-se em pequenas gotículas. Por vezes tem havido orvalho que é muito benéficas as plantas pela quantidade de água que lhes é proporcionada.

### 3.4 Actividade Predominante

A agricultura é a actividade predominante e envolve quase todos os agregados familiares. O solo além das características acima apresentadas apresenta boas capacidades de retenção de água e produtividade agrícola.

#### 3.4.1 As Culturas Predominantes em Angónia

O distrito possui um elevado potencial agrícola onde se destaca a produção de hortícolas, culturas como o milho, feijão vulgar, batata-reno, batata-doce, mandioca e amendoim. Em termos de culturas de rendimento temos por exemplo o tabaco, a soja e a paprica<sup>7</sup>. O clima também dá para o plantio de: eucalipto, pinheiro, casuarina e outras árvores florestais e outras fruteiras como: pêra, maçã, uvas e abacate. Disponível em: <http://aefum-tete.blogspot.com/2010/02/relatorio-da-5a-edicao-do-pfdd-2010.html>, acessado em 11 de Setembro de 2010

---

<sup>7</sup> Paprica – hortícola que a nível do país é conhecido vulgarmente por Piri-pire.

## CAPITULO IV: ANÁLISE DO INQUÉRITO E DAS OBSERVAÇÕES EFECTUADAS AO LONGO DA PESQUISA

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos durante o trabalho de campo, os quais são confrontados com as hipóteses formuladas, tendo como sustentação as respostas dos inquiridos.

Na análise faz-se a descrição e interpretação dos dados, o que facilita a busca de diversas situações de um determinado assunto em pesquisa com a finalidade de ter novas percepções, descobrir relações existente entre as ideias dos inquiridos e trazer possíveis resultados de pesquisa no período em estudo.

### 4.1 Questionário Dirigido aos Produtores de Carvão Vegetal

Consistiu num questionário, dirigido a um grupo de 15 produtores de carvão vegetal, em que as suas idades compreendem 24 aos 43 anos, ambos do sexo masculino. Inquérito este que permitiu informar-se sobre o modo de vida que está relacionado com a produção e venda de carvão vegetal. Quanto ao método, usou-se um questionário misto, em que as perguntas foram abertas e fechadas.

Tabela 2: Sexo dos produtores de carvão vegetal

Sexo	Produtores
Feminino	0
Masculino	15

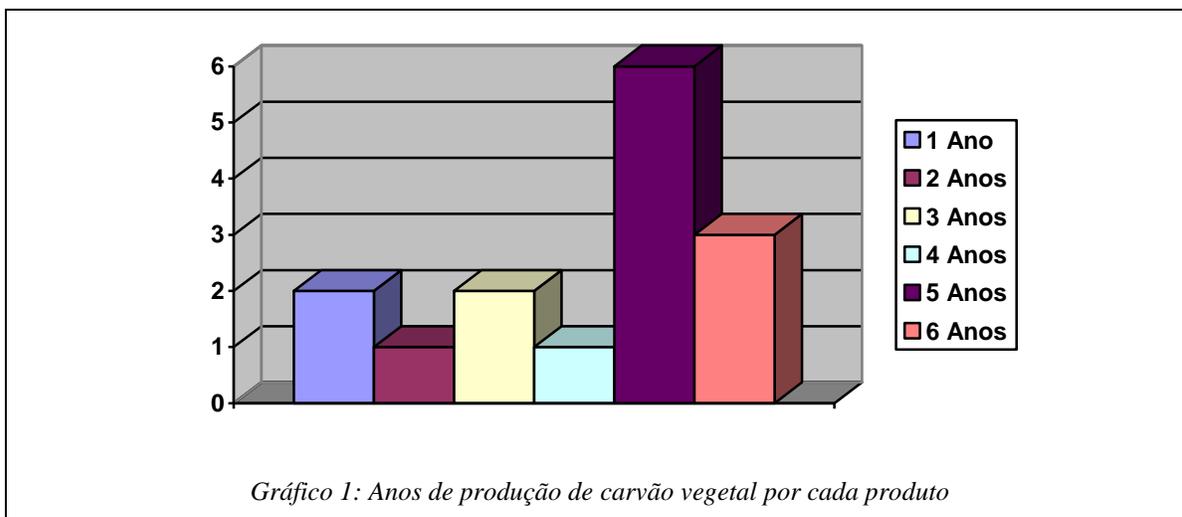
*Fonte: Autor*

De acordo com a tabela é notório que os produtores de carvão vegetal são todos do sexo masculino, visto que o processo de produção é o trabalho muito pesado. Também devido a factos culturais do Distrito de Angónia, trabalhos desta natureza, são efectivados na sua maioria por indivíduos do sexo masculino “homens”.

Tabela 3: A quantos anos está nesta actividade de produção de carvão vegetal?

Anos de Produção	Nº de Produtores
1	2
2	1
3	2
4	1
5	6
6	3

Fonte: *Ibdem*



Pelo gráfico vê-se que a maior parte dos produtores tem mais de três anos de experiência na área de produção de carvão vegetal.

Tabela 4: Usa o carvão vegetal como uma fonte de renda familiar?

Produtores	Total
Sim	15
Não	0

Fonte: *Ibdem*

Pela tabela é possível ver que todos os produtores inquiridos usam da produção do carvão vegetal como uma parte da fonte de renda familiar, auxiliando a prática da agricultura e outras actividades, nomeadamente: comércio e do artesanato.

Tabela 5: Para além da produção de carvão vegetal, pratica outra actividade como fonte de renda familiar?

Produtores	Total
Sim	15
Não	0

Fonte: *Ibdem*

Segundo aquilo que ilustra a tabela, todos os produtores de carvão vegetal praticam outra actividade que não seja apenas a produção de carvão.

Tabela 6: Se pratica, qual é esta actividade?

Ordem	Actividades	Nº de Produtores
1	Agricultura	10
2	Negócio	15
3	Operário	2
4	Artesanato	7

Fonte: *Ibdem*

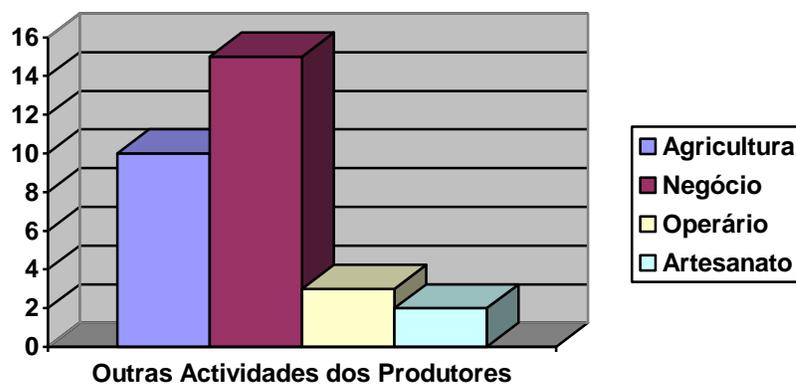


Gráfico 2: Outras actividades praticadas pelos produtores, para além da produção de carvão

De acordo com o gráfico é possível ver que todos os produtores de carvão vegetal são negociantes, isto deve-se a finalidade do processo de produção de carvão, que destina-se quase a 100% para o comércio. Em seguida temos um número considerável de produtores que praticam a agricultura, onde a expansão das suas áreas agrícolas resulta no abate indiscriminado das árvores que as mesmas usam-se como matéria-prima para a produção do carvão vegetal. Por fim, nota-se que o número de produtores que praticam o artesanato e os que são operários, são em um número reduzido em comparação aos que praticam agricultura e negócio.

Tabela 7: Na tua opinião, esta forma de produção de carvão vegetal que tem usado é rentável?

Produtores	Sim	Não
15	15	0

Fonte: *Ibdem*

Tabela 8: O carvão que produz sai totalmente do abate das árvores das florestas nativas?

Produtores	Sim	Não
15	15	0

Fonte: *Ibdem*

Tabela 9: Não tem medo que um dia as árvores todas terminem e ficar sem uma delas para produzir o carvão vegetal que é uma das suas fontes de renda familiar?

Produtores	Sim	Não
15	15	0

Fonte: *Ibdem*

1. Se tem medo, o que faz para continuar com a produção de carvão vegetal?

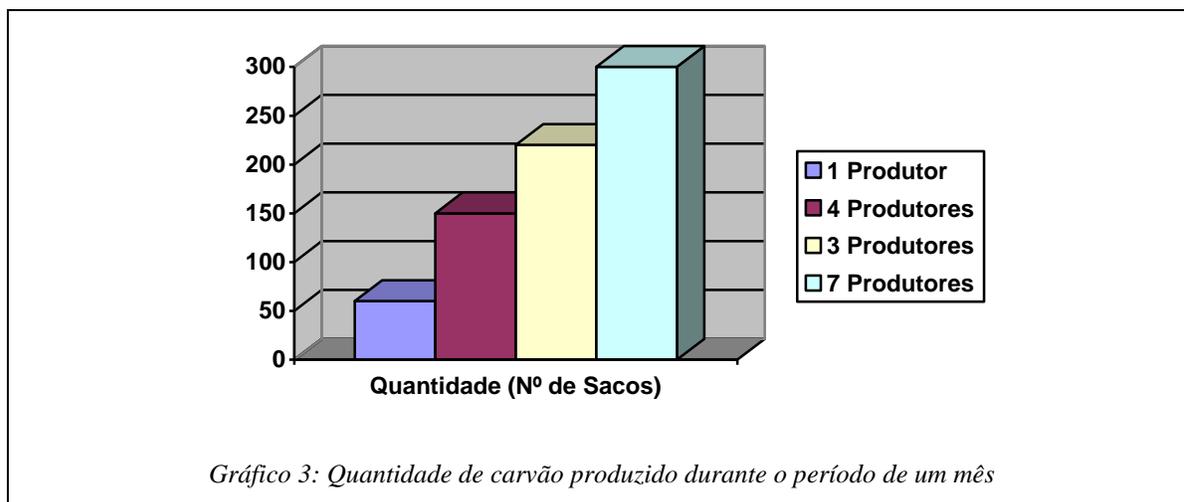
*Como uma maneira de continuar com a produção de carvão vegetal, recorreremos ao plantio de novas árvores.*

Entretanto este processo tem alguns constrangimentos, destacando-se a expansão da área para a actividade agrícola em prejuízo a política de plantio de novas árvores para o reflorestamento.

Tabela 10: Qual é a quantidade de carvão vegetal que produz durante o período de um mês?

Grupo	Peso por Saco	Quantidade (Nº de Sacos)	Quantidade Produzida por Mês	Nº de Produtores
A	25kg	60	1500kg	1
B	25kg	150	3750kg	4
C	25kg	220	5500kg	3
D	25kg	300	7500kg	7

Fonte: *Ibdem*



O gráfico 3 é referente a quantidade de carvão produzido durante o período de um mês, a primeira barra representa apenas um elemento, a segunda quatro elementos, a terceira representa um grupo com três elementos e por último um grupo constituído por sete elementos, onde o mesmo está dividido em dois sob grupos com três e quatro elementos respectivamente. De referir que cada produtor obtém por mês uma média de sessenta (60)

sacos de carvão de 25kg cada, com recurso ao tradicional forno de produção de carvão vegetal.

2. Quais são os destinos do carvão que produz?

*Uma pequena parte da produção vai para o consumo caseiro e o restante da parte vai para a venda.*

3. As pessoas residentes nas proximidades de fornos de produção de carvão vegetal, sofrem de alguma doença?

*Nenhuma doença constatada, porque a queima do carvão é feita distante das residências, normalmente na abertura ou expansão das áreas de produção agrícola “machambas”. Para o caso dos produtores de carvão, em determinados casos já reportamos situações de dois doentes de tuberculose, causados pelo fumo inalado no por do fogo no forno e pela poeira inalada durante o processo de retirada do próprio carvão.*

#### **4.2 Fases do Processo de Produção Artesanal de Carvão Vegetal com Recurso ao Tradicional Forno**

O autor observou junto aos produtores de carvão vegetal, a constituição dos fornos, seu funcionamento, fases de produção de carvão e os efeitos ambientais causados ao longo processo de produção de carvão vegetal.

*Primeira fase:*

Abate das árvores e o destroncamento em medidas que variam de um metro ponto cinco a dois metros de comprimento cada. Por conseguinte segue-se a arrumação dos troncos no local da queima.



**Fig. 12:** *A esquerda*, abate de árvore. *A direita*, destroncamento da árvore. Fonte: autor (Setembro/2010)

*Segunda fase:*

No processo de arrumação a altura do forno deve ser calculada de modo a facilitar a cobertura do forno, a largura do forno corresponde ao comprimento dos troncos e o seu comprimento varia de acordo as potencialidades de cada produtor.

Após a arrumação dos troncos, segue-se a construção do muro de areia até a altura do forno. Feito o muro, segue-se a cobertura do forno com recurso ao capim que em seguida passa-se areia por cima de modo a não permitir a entrada de ar no forno.



**Fig. 13:** *A esquerda*, arrumação dos troncos. *A direita*, construção do muro de areia. Fonte: autor (Setembro/2010)

*Terceira fase:*

Num dos lados da largura do forno deixa-se uma abertura, de modo a permitir com que o produtor coloque fogo no interior do forno. Após a introdução do fogo, o produtor procura verificar se realmente a chama está acesa por completo, se estiver fecha-se a abertura e em seguida abrem-se respiradores de pequena dimensão que ficam a uma altura de 20cm de cima para baixo do forno, por sua vez, estes respiradores são abertos do lado do comprimento do forno.

O forno já em processo de queima do carvão, é necessário que o produtor fique por perto e seja sempre vigilante, caso haja uma abertura na parte de cima do forno que permita que a chama se alastre para a parte exterior do forno, deve-se colocar de imediato areia no local, de modo a não permitir a entrada de ar no interior do forno, caso contrario transformaria a lenha totalmente numa cinza.



**Fig. 14:** Carbonização da madeira. Fonte: autor (Setembro/2010)

*Quarta fase:*

Feito o lançamento da chama o processo leva três (3) a quatro (4) dias se for o caso da queima de troncos secos, e se for o caso de troncos ainda frescos o processo leva entre seis (6) a sete (7) dias.

Para verificar se o processo está completamente concluído a altura do forno reduz a metade, daí segue-se a separação do carvão da areia e o seu posterior ensacamento.



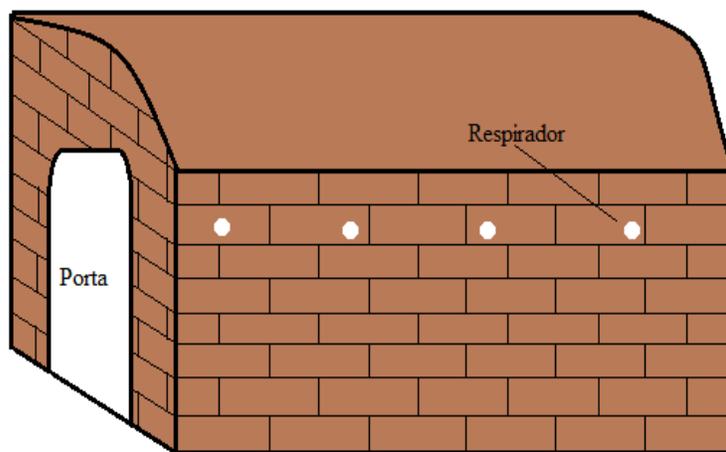
**Fig. 15:** A esquerda: Separação do carvão da areia. A direita: Ensacamento do carvão. Fonte: autor (Setembro/2010)

## CAPÍTULO V: MODELO DE FORNO

### 5.1 Modelo de Forno

Para permitir que os produtores deixem de usar vários espaços para improvisar fornos destinados a produção de carvão vegetal, o que resultam prejudiciais ao meio ambiente, o autor propôs um modelo de forno fixado no mesmo lugar e destinado a produção de carvão vegetal. Este modelo, tem a seguinte estrutura.

- a) Material para a sua construção: para construir este forno usaram-se tijolos de matope queimado, bem como tijolo não queimado, produzidos localmente pelos produtores.
- b) Forma: o forno pode em princípio assumir qualquer forma, como por exemplo, a cilíndrica, rectangular ou ainda sob forma de um quadrado.
- c) Vantagens:
  - O forno de superfície em formato fixo, construído na base de tijolos, pode conseguir o rendimento de aproximadamente, 25% à 35%<sup>8</sup>, se a madeira madeira for correctamente enfornada.
  - Pode ser produzido em mini altura, para o uso na sala de aula, para explicar o processo de transmissão de calor.



**Fig. 16:** Forno de Superfície em formato fixo. Fonte: autor (Novembro/2010)

<sup>8</sup> PINHEIRO, Paulo Cesar C., *Aspectos Sociais e Económicos*, RSConsultants, Belo Horizonte, 2008

### 5.1.1 Experiência nº 1

#### Tema: Uso do Modelo na Produção de Carvão Vegetal

**Objectivo:** Avaliar o rendimento do carvão produzido em relação a madeira enfornada.

**Material Necessário:**

- Para a construção do forno é necessário tijolos em um número não especificado, isto é, dependendo do volume do forno.
- Fita métrica para tirar as dimensões do forno.
- Colher de pedreiro.
- Lenha para o uso como matéria-prima.

**Procedimentos:**



**Fig. 17:** A esquerda: Produtor de carvão, a direita: autor envolvido na construção do modelo de forno fixo.  
Fonte: autor (Janeiro/2011)

Com tijolos constrói-se a parede do forno (Fig.17), terminadas as paredes arruma-se os troncos. Mais para este caso, por falta de técnicas de construção, partiu-se primeiro por arrumar os troncos e em seguida é que se constrói as paredes. Com ajuda da fita métrica, acha-se o volume da madeira enfornada e as dimensões do forno.

Após a arrumação da madeira e a construção das paredes do forno, segue-se a cobertura e a colocação do fogo, de modo a deixar em chama uma parte de madeira que por sua vez fecha-se a porta do forno e deste modo inicia o processo de combustão.



**Fig. 18:** A imagem (a) representa a colocação de fogo no forno, a (b) representa o início da combustão e a (c) a parte final da carbonização. Fonte: autor (Janeiro/2011)

### ***Conclusão e Resultados da Experiência***

Se o forno for construído correctamente e a madeira for também correctamente enfiada, dependendo do volume do forno e do volume da madeira enfiada, o carvão que resulta da combustão apresenta um rendimento que ronda entre os 25% à 35% de produtividade.

O forno foi construído na forma rectangular e apresentava as seguintes dimensões:  $c = 196\text{cm} = 1.96\text{m}$ ,  $\ell = 153\text{cm} = 1.53\text{m}$  e  $h = 80\text{cm} = 0.8\text{m}$ . Onde  $c$  é o comprimento do forno,  $\ell$  é a largura e  $h$  a altura do forno. Para calcular o volume do forno recorre-se a seguinte expressão matemática:

$$V = c \cdot \ell \cdot h \quad (10)$$

Fazendo as devidas substituições de acordo com a eq. 9, teremos o seguinte valor que representa o volume do forno construído para a experiência:

$$V = c \cdot \ell \cdot h$$

$$V = 1.96\text{m} \cdot 1.53\text{m} \cdot 0.8\text{m}$$

$$V = 2.399\text{m}^3$$

$$V \approx 2.4\text{m}^3$$

Com a experiência efectuada, com base no forno proposto e construído pelo autor com auxílio de dois dos quinze produtores inqueridos, com base na eq. 9, calculou-se o volume da madeira enfiada e o volume do produto final “carvão vegetal”. Com um volume de madeira correspondente a  $1,9m^3$ , resultou numa quantidade de carvão aproximadamente igual a  $0,61m^3$ .



*Fig. 19:* Retirada do Carvão Vegetal. Fonte: autor (Janeiro/2011)

### 5.1.2 Experiência nº 2 – Uso do Modelo na Sala de Aula

Tema: **Formas de Transmissão de Calor**

**Objectivo:** Demonstrar experimentalmente as formas de transmissão de calor, “radiação e convecção”.

**Material Necessário:**

- Barro.
- Pequenos pedaços de lenha.
- Papel.
- Fósforo.

***Fundamentação teórica:***

O calor é pois a energia em trânsito; em outras palavras, calor é a energia transferida de um corpo para o outro quando entre eles existe uma diferença de temperatura. Todos os corpos, aumentam ou diminuem a sua temperatura, quando aquecidos ou arrefecidos. A subida da temperatura de um corpo ocorre quando este recebe calor em virtude do desequilíbrio térmico que faz com que um sistema a temperatura baixa em contacto com um outro que está a alta temperatura, a energia flua no sentido do sistema de baixa temperatura.

***Procedimentos:***

- Com o forno presente coloca-se os pequenos pedaços de lenha e um pouco de papel;
- Com o fósforo cria-se uma chama num papel;
- Com a chama faz-se pegar outros papeis que se encontram no interior do forno;
- Fecha-se a porta do forno.



**Fig. 20:** Forno produzido em mini altura e a sua demonstração na sala de aula. Fonte: autor (Abril/2011)

Deste modo, com o processo de carbonização do carvão, as outras partes do forno em que a temperatura é relativamente baixa em relação a parte em que a chama é colocada, com temperatura relativamente alta, o calor fornecido a esta região, por meio da chama, transfere-se para o restante das partes (com temperatura baixa) por meio da radiação

térmica. Por outro lado, em comparação com a temperatura do exterior do forno, isto é, nas regiões vizinhas dos respiradores do forno, o fumo libertado ao longo do processo faz com que a temperatura do ar em volta do respirador aumente devido as correntes de convecção, onde a tendência é do ar quente subir e o ar frio baixar, porém este processo ocorre até que a combustão termine. O processo de carbonização de carvão, compara-se ao processo de queima de tijolos, fenómeno este que é frequente no distrito.

### ***Conclusão da Experiência***

É importante frisar que o modelo de forno fixo, foi projectado para a produção de carvão vegetal, fora da sala de aulas. Por sua vez o mesmo forno foi reproduzido em mini altura para o posterior uso na sala de aulas com o fim experimental. Com a experiência na sala de aulas, permitiu ao autor, de uma forma prática explicar aos alunos sobre os processos físicos que ocorrem na produção de carvão vegetal, concretamente no que se refere aos fenómenos, temperatura, calor e o processo de transmissão de calor e não para produzir carvão vegetal na sala de aulas.

Por outro lado a demonstração na sala de aulas, com recurso ao modelo de forno, despertou atenção e curiosidade nos alunos, mediante os conteúdos que o professor iria abordar na aula, referentes as “formas de transmissão de calor”, também fez com que o autor explicasse e exemplificasse melhor como é que ocorre o processo de transmissão de calor, particularmente a “transmissão por radiação”. Esta forma de transmissão de calor durante o decorrer da carbonização de carvão vegetal, assemelha-se ao processo de queima de tijolo.

A radiação térmica está relacionada com o fenómeno “efeito estufa”, seja no sentido positivo ou negativo. Do ponto de vista positivo, o efeito estufa, contribui para que haja o equilíbrio térmico na superfície da terra. E do ponto de vista negativo, faz com que haja um desequilíbrio térmico. Com base nos respiradores do forno, faz-se uma comparação com os respiradores das grandes indústrias. Já é de conhecimento que os gases não benéficos a atmosfera, na sua maior parte são libertados por meio dos gigantes

respiradores, estas ocorrências resultam no conhecido “aquecimento global”. Problema este que preocupa não apenas a sociedade moçambicana, bem como o mundo em geral.

## 5.2 Discussão do Modelo na Sala de Aula

### 1. Forma de emissão do calor nas proximidades do forno.

Através dos respiradores do forno, o calor é transmitido por convecção, no interior do forno, isto ao longo do processo de combustão da lenha o calor é transmitido por radiação e por condução, apesar de a madeira ser um péssimo condutor de calor (vid. fig. 16 e 20).

### 2. Vantagem do uso do forno.

Para os alunos o modelo pode ser reproduzido em mini altura com o objectivo de fazer perceber melhor sobre os conceitos de temperatura, calor, e formas de transmissão de calor. Por outro lado este processo de produção de carvão chega ao aluno de modo a esclarecer melhor sobre o fenómeno de “aquecimento global” e como agir de maneira a preservar ainda mais o meio ambiente.

### 3. Resumo da discussão.

Em forma de resumo apresenta-se a tabela abaixo que ilustra as semelhanças e diferenças entre o forno de produção de carvão vegetal, forno de queima de tijolos e um fogão, seja a lenha ou carvão vegetal.

Tabela 11: Relação entre forno de produção de carvão, forno de queima de tijolos e fogão.

	<b>Forno de Produção de Carvão Vegetal</b>	<b>Forno de Queima de Tijolo</b>	<b>Fogão</b>
<b>Diferenças</b>	Ocorre reacções químicas (a lenha transforma-se em carvão).	O calor transforma-se em trabalho (o tijolo queima-se).	O calor transforma-se em trabalho (há mudança de estado).
	Produz carvão.	Queima tijolos.	Coze alimentos.
<b>Semelhanças</b>	A temperatura do calor emitido é maior que a do ambiente.	A temperatura do calor emitido é maior que a do ambiente.	A temperatura do calor emitido é maior que a do ambiente.
	Transmite calor por radiação.	Transmite calor por radiação.	Transmite calor por radiação.

Fonte: Autor

### 5.3 Lições Sobre o Meio Ambiente

De um modo geral, para se produzir carvão vegetal, recorre-se ao abate de árvores, onde por sua vez, causamos a desertificação na terra, na combustão da madeira e de combustíveis fósseis, produzem-se gases tais como: *Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)* e *Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)*, gases estes que são responsáveis do efeito estufa. É importante referir que os gases emitidos na combustão da madeira não influenciam nos impactos negativos causados ao meio ambiente, apenas o abate das árvores é que provoca o desflorestamento e a consequente desertificação e erosão dos solos.

De modo a minimizar este fenómeno é necessário que optemos em parte pelo uso de fontes renováveis, desde que se faça o correcto uso, como é o caso de carvão vegetal, devido a abundância da sua matéria-prima. É importante que se observe algumas regras no que se refere ao abate das árvores, o que não tem se verificado no distrito de Angónia, em particular atenção ao Posto Administrativo de Ulónguè concretamente da zona de Canadzi. Daí, podemos relacionar estas ocorrências, aos fenómenos físicos, temperatura e calor, o que por sua vez podemos associar estes fenómenos ao efeito estufa no sentido

negativo (aquecimento global), dado este, estar directamente ligado com o aumento global da temperatura da terra.

Como estratégias de redução ao aumento sucessivo da temperatura global, é necessário que se faça uma revisão nas políticas de reflorestamento, visto estas estarem a ser implementadas na sua maioria pelos alunos, o que cria por sua vez uma autêntica floresta em volta das salas de aulas.

Ainda como estratégia do combate a desertificação, tem se verificado ao redor das aldeias, que os líderes comunitários têm a obrigação de cada um deles ser responsável pela criação de uma floresta. Na opinião do autor, o projecto “um aluno três plantas e um líder uma floresta” está a redundar num fracasso. Pois o mesmo governo que fala da importância do reflorestamento, em paralelo incentiva o aumento da produção agrícola. Deste modo é necessário que se definam áreas exclusivas ao reflorestamento porque nenhuma cultura agrícola terá um bom desenvolvimento debaixo da sombra. Por outro lado cobrimos as escolas com plantas por todos os cantos, no futuro, caso haja necessidade de ampliação da escola, precisaremos de abater as mesmas árvores, sendo assim voltaremos ao mesmo ponto, sem árvores.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO, DIFICULDADES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Conclusão

O autor ao chegar a esta fase da pesquisa considera que atingiu os seus objectivos, uma vez que.

- Conseguiu descrever os processos físicos que ocorrem na produção do carvão vegetal.
- Envolveu os alunos e produtores de carvão vegetal em acções sobre a preservação do meio ambiente (Fig. 23).

Em relação aos problemas:

*Como produzir carvão vegetal sem grandes prejuízos para o meio ambiente?*

*Que actividade pode ser realizada para explicar o aluno sobre a física que está por detrás da produção de carvão vegetal?*

O autor trabalhou com os produtores de carvão vegetal de modo a aderir no uso do modelo de forno fixo, dado a sua vantagem no que se refere ao aumento de produtividade. Também trabalhou com os mesmos no sentido substituir no mínimo três plantas novas no lugar de uma árvore abatida, de modo a manter o meio ambiente protegido por muito mais tempo.

Em relação ao modelo experimental proposto para aula permitiu aos alunos perceber o fenómeno de transmissão de calor com base no sentido táctil a partir da sua demonstração.

Os alunos constataram que, com o modelo em actividade o ar do ambiente que se encontra em redor do forno aumenta de temperatura quando recebe calor. Isto, abriu consciência aos estudantes de que, o fenómeno de transferência de calor está relacionado com o baixar e aumentar de temperatura.

Dadas estas constatações, o autor considera ter respondido os problemas colocados, pois que, mostrou claramente a ligação entre a teoria que fundamenta o fenómeno de transmissão de calor, com a realidade prática vivida pelos alunos, o que abriu uma visão “ampla” nos estudantes na construção dos conhecimentos científicos referentes ao tema com eficiência, objectividade e sem maior esforço.

## **6.2 Dificuldades Encontradas ao Longo da Pesquisa**

Durante o processo de elaboração deste trabalho de monografia, o autor enfrentou diversas dificuldades, próprias que uma pesquisa desta natureza exige, e que na prática essas foram inúmeras, constando no trabalho apenas as mais relevantes.

Dificuldades de ordem material como, a falta de uma câmara fotográfica para captar as imagens da pesquisa, o que tardou o processo de colecta de dados. Ainda, houve dificuldades de ordem técnica na construção do forno visto que, a parte do tecto do forno tinha que estar coberto também de tijolos, o autor limitou-se apenas na construção das paredes com base nos tijolos.

Uma das dificuldades encaradas no decurso da pesquisa foi a não colaboração de alguns produtores de carvão vegetal, no que se refere a reposição das árvores abatidas, verificando-se deste modo a retirada das árvores plantadas, tudo isto para dar lugar a espaço de produção agrícola. Deste modo a produção de carvão vegetal no distrito de Angónia está directamente ligado ao abate de árvores com intuito de expansão de áreas agrícola.

## **6.3 Recomendações**

Para fins de efectividade e um bom empenho nos resultados, além das respostas que foram alcançadas nesta presente pesquisa recomenda-se:

Em relação aos produtores de carvão vegetal, recomenda-se que adotem o uso do modelo de forno, devido a sua vantagem em relação ao modelo actualmente em uso. Ainda recomenda-se que após o abate de uma árvore, que façam a devida reposição e o acompanhamento das plantas, de modo a garantir de forma segura a continuidade na produção de carvão vegetal.

Em relação aos professores de Física, recomenda-se a promoção de mais experiências simples no estudo dos fenómenos térmicos, em particular no tratamento de transferência de calor entre os corpos. Deve-se propor a criação de modelos simples a partir do material caseiro e de fácil acesso, de modo que, seja o próprio aluno a concebê-los.

**BIBLIOGRAFIA**

- ÁLVARES, Beatriz Alvarenga e LUZ, António Máximo Ribeiro da, Curso de Física, Volume 2, s/d, HARBRA, São Paulo, 1979.
- BRITO, José Otávio, *Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira*, USP/ESALQ. – Documentos Florestais: Piracicaba (9): 1-19, Maio 1990.
- CAVALEIRO, M., NELI G. C. e BELEZA, M. Domingas, *No Mundo da Física*, 1ª edição, ASA, Lisboa, 1997.
- Enciclopédia® Microsoft® Encarta*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.
- GIL, António Carlos, *Como elaborar projecto de pesquisa*. Atlas, São Paulo. 1999.
- GOMES, P.A. *Teoria da carbonização da madeira*, / Paulo Aguiúlio Gomes e Joffre Batista de Oliveira. CETEC. In: *Uso da madeira para fins energéticos*, compilado Waldir Resende Penedo. 1v. 158p. Belo Horizonte: Série Publicações Técnicas 1, 1980.
- HESLOP, R. B., Química Inorgânica, 2ª ed.
- IMPELEMAREBO, Gerito, GUJRAL, Lorna e GAMA, Rui, *Metodologia de Investigação Científica*, Fundo das Nações Unidas para População, Maputo, 1999.
- JDÁNOV, L. S e JDÁNOV, G. L. *Física para o Ensino Técnico Especializado*. Mir, Moscovo 1981.
- LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Maria de Andrade, *Metodologia Científica*, 2ª edição, Atlas, São Paulo, 1991.
- LIBÁNEO, José Carlos, *Didáctica*, 3ª ed., Cortez, São Paulo, 1992.
- MARCONI, Maria de Andrade e LAKATOS, Eva Maria, *Metodologia de Trabalho Científico, procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projecto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. Atlas, São Paulo, 1999.
- MONTEIRO, Eugénio, *Elementos de Física e Química*, Ensino Técnico Profissional, Cursos de formação e de Aperfeiçoamento, 11ª edição, Coimbra Editora, Coimbra, 1973.

OLIVEIRA, J. B. de, *Produção de carvão vegetal – aspectos técnicos* / Joffre Batista de Oliveira, António Vivacqua Filho, Marcelo Guimarães Mendes, Paulo Aguinélio Gomes. CETEC. In: *Produção e utilização de carvão vegetal*, compilado Waldir Resende Penedo. 1v. 393p. Belo Horizonte: Série Publicações Técnicas 8, 1980.

PIMENTA, Alexandre Santos, *Comunicação privada*, Setembro, 2007.

PINHEIRO, Paulo Cesar C., *A produção de carvão vegetal: teoria e prática.* / Elmo Viana, Maria Emília Antunes de Rezende, Paulo César da Costa Pinheiro, Ronaldo Santos Sampaio. 1ª. ed. Belo Horizonte: Edição do autor, 2006.

PINHEIRO, Paulo Cesar C., *Aspectos Sociais e Económicos*, RSConsultants, Belo Horizonte, 2008.

ROXO, Maria José e MASSA, Maria Manuela, *Física 12º Ano*, Porto Editora, Porto, 1988.

RUIZ, João Álvaro, *Metodologia científica*, Guia para eficiência nos estudos, 13ª ed, Atlas, São Paulo, 1985.

<http://www.brasilecola.com/geografia/carvão-vegetal.htm>

<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/solidos/coque/altern.htm>

<http://aefum-tete.blogspot.com/2010/02/relatorio-da-5a-edicao-do-pfdd-2010.html>

<http://www.gasa3.dcea.fct.unl.pt/Assa/projectos/assa2000/tf33/#A2>

## APÊNDICE

### APÊNDICE I – Roteiro de Inquérito Administrado aos Produtores de Carvão Vegetal.

#### Objectivos do Questionário

- Diagnosticar até que ponto os produtores artesanais de carvão vegetal cumprem com os cuidados ambientais.
- Colher sugestões para melhorar ou desenvolver técnicas que ajudem no aumento da produção e reduza a poluição do meio ambiente.

Caro produtor de carvão vegetal, o presente questionário é parte integrante de um estudo que o autor está realizando sobre o tema **Processos físicos e impactos ambientais que ocorrem na produção de carvão vegetal: caso do Posto Administrativo de Ulónguè – Angónia – 2010/2011** para a obtenção do grau de licenciatura em ensino de Física.

Responde com clareza as questões que lhe são colocadas.

A sua colaboração é digna de apreço para os objectivos a que se pretende alcançar com este questionário.

1. Sexo

a) Masculino

b) Feminino

2. A quantos anos está nesta actividade de produção de carvão vegetal?

---

3. Usa o carvão vegetal como uma fonte de renda familiar?

Sim

Não

4. Para além da produção de carvão vegetal, pratica outra actividade como fonte de renda familiar?

Sim

Não

5. Se pratica, qual é esta actividade?

---

6. Na tua opinião, esta forma de produção de carvão vegetal que tem usado é rentável?

Sim

Não

7. O carvão que produz sai totalmente do abate das árvores das florestas nativas?

Sim

Não

8. Não tem medo que um dia as árvores todas terminem e ficar sem uma delas para produzir o carvão vegetal que é uma das suas fontes de renda familiar?

Sim

Não

9. Se tem medo, o que faz para continuar com a produção de carvão vegetal?

---

10. Qual é a quantidade de carvão vegetal que produz durante o período de um mes?

---

11. Quais são os destinos do carvão que produz?

---

12. As pessoas residentes próximo de fornos de produção de carvão vegetal, sofrem de alguma doença?

---

13. Quais são as doenças mais frequentes nesta zona?

---

MUITO OBRIGADO!

APÊNDICE II – **Imagens da escola e dos alunos; imagens flagrante de outras causas que contribuem no desflorestamento e actividades contrarias ao desflorestamento (plantio de árvores).**



*Fig. 21: A esquerda: Escola Secundária de Lifidzi. A direita: Alunos da ESL na sala de aula. Fonte: autor (Setembro/2011)*



*Fig. 22: A esquerda: Queima de tijolos. A direita: Tijolos já queimados. Uma das causas que contribuí para o desflorestamento no distrito de Angónia. Também pode ser usada para explicar o fenómeno de transmissão de calor. Fonte: autor (Setembro/2010)*



**Fig. 23:** *A esquerda:* Produtores de carvão vegetal. *A direita:* Alunos da ESL no plantio de árvores. Fonte: autor (Fevereiro/2011)



**Fig. 24:** Autor no plantio de árvores. Fonte: autor (Fevereiro/2011)