

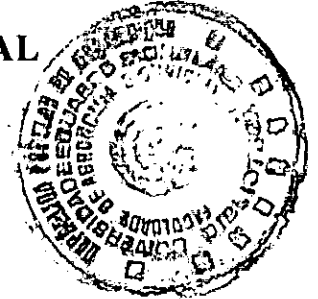
EN. 107



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL



Projecto Final

**FACTOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA FLORESTAL NA
REGIÃO DO CORREDOR DA BEIRA**

AUTOR: René de Sousa Machoco

SUPERVISOR: Prof. Doutor Almeida A. Siteo

Maputo, Junho de 2008

RESUMO

O presente estudo foi realizado no Corredor da Beira (CB), localizado na região centro de Moçambique com uma extensão de 260 km, ligando as províncias de Sofala e Manica. Teve como objectivo contribuir para o conhecimento dos métodos de quantificação da biomassa lenhosa nas florestas nativas. Neste contexto, o CB é caracterizado por apresentar uma vegetação diversificada e clima tropical, com uma população estimada em cerca de 701 227 habitantes, em que maior parte desta pratica a agricultura para a subsistência e um número considerável pratica o comércio, como se trata de uma região de fácil acesso para as vias rodoviárias e ferroviárias.

Para o efeito, foi feita análise de mapas de uso e cobertura de terra para a marcação das 27 parcelas temporárias de 20x20 m tendo em conta a acessibilidade do local, facilitando desta forma a recolha de dados no campo. Foram medidas e abatidas um total de 290 árvores com DAP ≥ 5 cm de diversas espécies não identificadas bem como as suas respectivas pesagens depois de terem sido traçadas em tamanhos fáceis de medir. Em seguida prosseguiu-se a extracção das amostras para o laboratório, onde foram submetidas a uma temperatura de 85°C na estufa e o posterior processamento de dados obtidos.

Os resultados indicam que a densidade da madeira para o CB é de 0.67 Ton/ha e que o BEF para a mesma região é de 2.03 ± 0.15 , variando entre 1.88 a 2.19. A correlação entre o BEF e o DAP não é significativa, com coeficiente de *Pearson* baixo ($r = 0.117$) e que da relação entre a proporção do peso dos ramos e o BEF há evidências de uma correlação muito forte ($r = 0.919$) que quando a proporção do peso dos ramos aumenta, o BEF aumenta exponencialmente. Para o CB os resultados indicam que cerca de 52.98% das componentes arbóreas são constituídas por ramos. Na comparação entre a biomassa calculada com base no BEF e com base na regressão foi possível notar que o cálculo da biomassa usando o BEF tem tendência de sobrestimar árvores grandes e usando equação de regressão tem tendência de subestimar árvores grandes e que não há uma diferença significativa no uso de um destes métodos aqui abordados.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho,

Aos meus pais Gabriel Gustavo Machoco e Maria Nomeado Ngotine pelos conselhos, sacrifício e incansável esforço para a minha formação académica. *“Muito obrigado, tenho muito orgulho de vocês!”*

Aos meus irmãos Filipe Machoco, Cândido Machoco, Judite Machoco, Olinda Machoco e Inácio Machoco pelo incentivo, atenção, apoio e carinho ao longo da minha formação académica. *“Muito obrigado, vocês são verdadeiros companheiros!”*

Deus vos abençoe!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a *Deus pai todo poderoso* por me conceber saúde, energia e muita força ao longo da minha vida e na minha formação académica.

Um especial agradecimento ao meu supervisor Prof. Doutor Almeida A. Siteo na qual tenho uma grande admiração, pela sua orientação, atenção e paciência que demonstrou durante a realização deste trabalho. "*Obrigadíssimo!*"

Ao Eng. Benard Guedes pelos palpites e aos docentes do Departamento de Engenharia Florestal e da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal em geral pela dedicação na transmissão de conhecimentos ao longo do curso.

Aos meus amigos e colegas Filipe, Inocêncio Simione, Rogério, Sacire, Julião, Agi, Traquinho, Inocêncio Armando, Lisboa, Robalo, Saúl, Osvaldo, Márcia, Artur, Bruno, Neuala, Seventine, Manuel Jorge, Serrote, Cangela, "Eclanga", "Bachoma", "Pereira & Filhos" e os demais aqui não mencionados, pela amizade, companhia e força ao longo do curso. E a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a minha formação.

Aos meus tios, especialmente Rolha e Henriques, meus primos, especialmente Wíliamo, Nelson, Benedito, Ricardo, Rosária e a cunhada Tarcília, pela força, moral e conselhos.

Obrigado mesmo!

TABELA DE CONTEÚDO

RESUMO	ii
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problemas e justificação do estudo.....	2
1.2. Objectivos	4
1.2.1. Geral.....	4
1.2.2. Específicos	4
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Biomassa e sua importância.....	5
2.2. Principais métodos de medição da biomassa florestal.....	6
2.3. Regressão	8
2.3.1. Curva de regressão dos mínimos quadrados	8
2.3.2. Quantificação da biomassa a partir das relações alométricas	9
2.4. Abordagem do volume e da densidade da madeira.....	13
2.5. Factor de expansão de biomassa	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Descrição da Área de Estudo	18
3.1.1. Localização geográfica e limites	18
3.1.2. Vegetação.....	18
3.1.3. Clima.....	19
3.1.4. Solos.....	19
3.1.5. Distribuição populacional	20
3.1.6. Actividades sócio-económicas	20
3.2. Análise de mapas de uso e cobertura de terra	21
3.3. Recolha de dados no campo.....	21

3.4. Caracterização dos dados.....	23
3.5. Extracção das amostras para o laboratório.....	23
3.6. Trabalho de laboratório.....	24
3.7. Processamento de dados	24
3.7.1. Determinação de conteúdo de humidade das unidades amostrais.....	24
3.7.2. Determinação do peso seco (Ps).....	25
3.7.3. Determinação da área basal e volume do tronco sobre a casca.....	25
3.7.4. Cálculo da densidade da madeira (WD)	26
3.7.5. Determinação da proporção dos ramos na árvore	26
3.7.6. Determinação de factor de expansão de biomassa (BEF).....	27
3.7.7. Cálculo da biomassa total da árvore individual usando BEF.....	27
3.7.8. Comparação da biomassa calculada a partir dos dois métodos de medição (BEF e regressão).....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Considerações gerais	30
4.2. Relação entre DAP e BEF.....	31
4.3. Proporção do peso dos ramos em relação ao peso total da árvore	32
4.4. Biomassa média usando método de regressão e para diferentes BEF's em cada tipo de vegetação.....	34
4.5. Comparação entre biomassa calculada com base em BEF e com base na regressão	36
5. CONCLUSÕES	40
6. RECOMENDAÇÕES.....	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição da vegetação por distrito 19

Tabela 2: Distribuição populacional por distrito do Corredor da Beira..... 20

Tabela 3: Definição de equação de regressão de acordo com a zona climática 11

Tabela 4: Distribuição de número de parcelas para cada tipo de vegetação. 22

Tabela 5: Biomassa obtido para cada BEF..... 34

Tabela 6: Representação de ferramentas de análise estatística..... 37

Tabela 7: Análise de variância..... 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das parcelas no mapa de uso e cobertura de terra (Fonte: Tchaúque (2004))..... 22

Figura 2: Relação entre DAP e BEF..... 32

Figura 3: Relação entre peso seco dos ramos e BEF 33

Figura 4: Comportamento da biomassa usando BEF de Brown (1997) e deste estudo nas diferentes formações. 35

Figura 5: Relação entre biomassa calculada usando BEF e biomassa calculada a partir de regressão..... 36

Figura 6: Intervalo de confiança da média para diferentes métodos medição à 95%..... 38

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
BE	Equação de biomassa
BF	Factor de biomassa
BEF	Factor de expansão de biomassa
CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção
CB	Corredor da Beira
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
DNE	Direcção Nacional de Estatística
FAO	Food and Agriculture Organization
GPS	Global Positioning System
Hab	Habitantes
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agronómica
INE	Instituto Nacional de Estatística
pH	Potencial hidrogeniónica
UTM	Universal Transversal Mercator

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Conteúdo de humidade para cada componente em cada tipo de vegetação para o cálculo do peso seco.

ANEXO 2: Representação do peso verde e seco para cada componente e peso seco total.

ANEXO 3: Lista de algumas espécies do CB usadas para a determinação da densidade da madeira no CB, tendo em conta as suas respectivas abundâncias.

ANEXO 4: Representação do comprimento do tronco, volume do tronco, BEF individuais, biomassa calculado a partir do BEF e densidade 0.67 Ton/m^3 e biomassa calculado a partir da equação de regressão obtida por Tchaúque (2004).

ANEXO 5: Representação do volume total, volume médio, cálculo de BEF usando equação de Brown e biomassa média calculada por Tchaúque (2004) a partir da equação de regressão, para cada tipo de formação vegetal; e análise de variância da biomassa para diferentes BEF's .

ANEXO 6: Representação da média, desvio padrão e os limites inferior e superior.

1. INTRODUÇÃO

A biomassa florestal e a sua respectiva diminuição têm sido considerados por muito tempo como as características chaves do ecossistema florestal (Reichle, 1982). Durante décadas recentes, a quantidade de carbono armazenada na biomassa ganhou uma especial atenção como resultado do quadro convencional das nações unidas para mudanças climáticas (UNFCCC) bem como no seu protocolo de Kyoto. Sob estes acordos, os países são requeridos para estimar e reportar o nível de emissões do CO₂ para atmosfera bem como a exploração florestal (Somogyi *et al.*, 2006).

A estimativa de biomassa florestal acima do solo das florestas tropicais húmidas convertendo dados dos inventários florestais foi inicialmente realizada por Brown & Lugo (1992) na Amazónia brasileira. Todavia, essas estimativas foram realizadas a partir de dados de inventários florestais nos anos 70, cuja finalidade era a quantificação de madeira para a exploração florestal, excluindo outras espécies, sem importância económica (Higuchi *et al.*, 2004). Outros autores, entre eles, Keller *et al.*, (2001) e Castilho (2004), comentam que as estimativas de biomassa para grandes áreas devem ser obtidas a partir de amostras aleatórias, replicáveis, de tamanho adequado, dispostas de modo a cobrir toda a área em questão ou estratificadas de acordo com a classificação espacial da vegetação.

Segundo Brown (1997), a biomassa florestal aérea é definida como sendo a quantidade de matéria orgânica vivendo sobre a superfície do solo em árvores, expressado como, peso seco na estufa em toneladas por unidade de área. A medição da biomassa florestal expressa em peso seco por unidade de área, fornece directamente a quantidade da biomassa total ou a quantidade por cada componente (seja folhas, ramos e troncos), porque tal biomassa tende a variar sistematicamente com a biomassa total.

É importante conhecer a biomassa florestal para fazer previsões sobre o ciclo mundial do carbono, que é um elemento de importância nos estudos sobre as mudanças climáticas. Ademais, para uma parte da população humana que mora nas zonas rurais dos países em

desenvolvimento, a biomassa é uma fonte primordial de combustível para cozinhar e para aquecimento (FAO, 1998).

A biomassa florestal representa o potencial aumento de carbono, que pode ser adicionado na atmosfera em forma de dióxido de carbono, quando a floresta é derrubada ou queimada. A medição da biomassa florestal também fornece meios para o cálculo da quantidade de dióxido de carbono que pode ser removida da atmosfera por regeneração da floresta ou por plantação, isto porque estabelece a proporção da produção da biomassa e o limite superior de sequestro de carbono. Além disso, as medições da densidade da biomassa florestal são relevantes para o estudo de outros ciclos biogeoquímicos globais tal como de nitrogénio, porque a quantidade de outros elementos nutrientes nas florestas está relacionada também à quantidade da presente biomassa (Brown, 1997).

1.1. Problemas e justificação do estudo

O estado actual das florestas naturais nas regiões tropicais e em particular em Moçambique é muito preocupante (FAO, 1991). O Corredor da Beira, é uma região rica em termos da biodiversidade vegetal, o que encoraja muitos investidores florestais a tomá-la como foco de atenção. A utilização da biomassa florestal para fins comerciais, constitui um problema que merece uma especial atenção, bem como o seu uso pelas comunidades locais para fins lucrativos e de subsistência, que de certa forma contribui significativamente para a redução da biomassa lenhosa naquela região do país.

Segundo FAO (1998), a informação sobre o volume e a biomassa florestal é importante para determinar a quantidade de carbono sequestrado assim como o potencial económico das florestas disponíveis para o abastecimento de madeira. Geralmente os inventários florestais fornecem apenas informação sobre o volume do povoamento, neste sentido, a indisponibilidade de dados primários para estimar a biomassa obriga de algum modo a necessidade de estimar a biomassa a partir de dados do volume. Entretanto, têm havido erros ao converter dados de volume inventariado em estimativa de biomassa,

particularmente pelo facto de muitas das vezes ignorar-se a quantificação da biomassa das copas.

Estes constrangimentos encorajam a necessidade de desenvolver modelos que visa quantificar a biomassa lenhosa, para que se possa gerir de uma forma racional e adequada, minimizando os prejuízos ambientais, sócio-económicos e culturais que advêm do mau uso delas, e garantir a longo prazo a sustentabilidade da biomassa. Neste trabalho são discutidas as incertezas existentes no percentual adoptado para acréscimo de biomassa das copas das árvores no cálculo da biomassa total das árvores em comparação com modelos alométricos.

1.2. Objectivos

1.2.1. Geral

- Contribuir para o conhecimento dos métodos de avaliação de biomassa lenhosa nas florestas naturais a partir de informação do inventário florestal.

1.2.2. Específicos

- Ajustar funções e coeficientes do cálculo da biomassa florestal usando factor de expansão de volume no Corredor da Beira;
- Comparar os resultados do método de factor de expansão de volume com o método de funções de regressão.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Biomassa e sua importância

A biomassa pode ser definida como sendo a massa dos organismos vivos por unidade de superfície (Siteo *et al.*, 2001). Segundo os mesmos autores, quando esta se refere a animais, diz-se biomassa animal, quando se trata de plantas, diz-se biomassa vegetal, e que é comum diferenciar biomassa aérea e biomassa das raízes. Geralmente quando se fala de biomassa refere-se à biomassa aérea e quando se refere à biomassa da raiz diz-se detalhadamente “biomassa da raiz”.

Segundo Siteo & Tchaúque (2007), pode-se definir a biomassa como a quantidade de material orgânico que constitui os seres de um ecossistema existente numa determinada área e que pode ser expressa em peso, volume, área ou número.

Para Somogyi *et al.*, (2006), quando o objectivo é estimar a biomassa vegetal, como é o caso dos inventários de carbono, então o termo correcto a ser usado é “fitomassa”. Seria também possível estimar a biomassa total de um ecossistema, que tivesse que incluir também a fauna. Entretanto, com o índice do carbono do ecossistema em foco no seu estudo, Somogyi *et al.*, (2006), usaram o termo “biomassa” no sentido “fitomassa” como é também o uso comum em floresta. Neste contexto segundo Brown (1997), a biomassa florestal é definida como sendo a quantidade de material orgânico que se encontra sobre a superfície do solo em árvores ou arbustos, expresso como peso seco na estufa por unidade de área.

A biomassa pode ser utilizada em diversas formas e estado para a obtenção de mais variadas formas de energia seja por conversão directa ou indirecta. Como vantagens da utilização de biomassa em substituição aos combustíveis fósseis pode-se citar a pouca poluição atmosférica global e localizada, estabilidade de ciclo de carbono e maior emprego de mão-de-obra. Apesar das vantagens citadas, a utilização de biomassa em larga escala também requer alguns cuidados, pois o resultado pode ser destruição de

fauna e flora com extinção de espécies, contaminação do solo e mananciais de água por uso de adubos e defensivos, e manejo inadequado (Rostand, 2006).

Segundo Tchaúque (2004), torna-se necessário calcular a biomassa lenhosa de uma determinada zona para a quantificação e estabelecimento do uso racional do recurso florestal para vários fins, bem como servir de base para elaboração de planos de manejo e prognosticar até que ponto este recurso poderá ser sustentável. Dado que calculando a biomassa e tendo o prognóstico da sua dinâmica pode-se precaver a população dos riscos que podem advir do mau uso dos recursos de modo a que esta tome medidas de reposição imediata e se delinearem políticas que permitem a ligação entre o sector florestal e os outros sectores.

Neste estudo o enfoque é a biomassa aérea lenhosa, seguindo a definição de Brown (1997), a qual é apenas uma componente da biomassa total do ecossistema. Para estudos de base de estimação de carbono contido nos ecossistemas é geralmente preciso incluir a biomassa das raízes e a biomassa das componentes não arbóreas, bem como quantificar o peso do material morto não decomposto e o carbono contido no solo (IPCC, 2003).

2.2. Principais métodos de medição da biomassa florestal

O conteúdo de biomassa pode ser medido através de método directo e indirecto. O método directo (destrutivo), consiste no abate da árvore para determinar a quantidade da biomassa através do peso actual de cada componente como por exemplo raiz, tronco, ramos e folhas (Parresol, 1999). O método indirecto é geralmente usado quando as árvores possuem grandes dimensões, que é o caso das florestas naturais tropicais ou quando há inconveniência de cortar as árvores. Neste caso, são medidas as dimensões das árvores, e o volume do tronco e ramos grossos são calculados usando a fórmula de Smalian e Huber (Loetsch *et al.*, 1983). Em seguida esta informação é usada para estimar a biomassa usando peso específico. O procedimento mais comum usado para estimar a

biomassa de árvore individual é o modelo matemático calculado a partir da análise de regressão (Parresol, 1999).

A mesma opinião (de existência de dois métodos para estimar a biomassa), é comungada por Brown (1997) no estudo sobre biomassa, ao propor dois métodos de biomassa das formações lenhosas baseadas em dados existentes de inventários florestais, em que primeiro método consiste no uso de medidas existentes de estimativas de volume (m^3/ha) convertido em biomassa (ton/ha) usando uma variedade de ferramentas. O segundo método estima directamente a quantidade de biomassa usando equações de regressão de biomassa. Estas equações são funções matemáticas que descrevem a biomassa seca por árvore como função de uma simples ou combinação de dimensões de árvores.

Sitoe & Tchaúque (2007) chegam mais longe ao afirmar que o método indirecto não se baseia apenas na quantificação da biomassa a partir de dados de volume já existentes ou ainda a partir de relações alométricas, este método pode-se também utilizar interpretando imagens satélite e fotografias aéreas caso existam.

Para Brown (1997) a principal limitação do método indirecto é a informação da densidade de madeira das espécies inventariadas. Porém, para efeitos práticos, pode se usar valores médios de densidades conhecidas. Outra limitação é que os factores de expansão estabelecidos foram estimados com base na informação de florestas densas, as quais apresentam um padrão de ramificação diferente das florestas abertas. Com efeito, parece haver variação no padrão de ramificação, o que se expressa pela existência de diversas funções de biomassa em diferentes formações florestais.

2.3. Regressão

2.3.1. Curva de regressão dos mínimos quadrados

Em muitas situações que ocorrem na prática há interesse em investigar se duas variáveis quantitativas estão relacionadas e qual a forma de relação que, eventualmente as liga. A natureza e a intensidade da relação entre duas variáveis são estudadas, respectivamente, pela análise de regressão e pela análise de correlação (Mello, 1997).

Segundo Triola (1999), a equação de regressão descreve a relação entre duas ou mais variáveis de uma dada colecção de dados amostrais emparelhados cujo gráfico é chamado curva de regressão ou curva de melhor ajuste ou ainda curva de mínimos quadrados. Esta definição expressa uma relação entre x (chamada variável independente ou variável preditora) e \hat{y} (chamada variável dependente ou variável resposta). Na definição precedente, a equação típica de uma recta ($y = mx + b$) é expressa na forma $\hat{y} = b_0 + b_1x$, onde b_0 é o intercepto e b_1 é o coeficiente angular, em que b_0 e b_1 são estatísticas amostrais usadas para estimar os parâmetros populacionais β_0 e β_1 . O coeficiente angular b_1 na equação de regressão representa a variação marginal resultante quando x varia de uma unidade.

Para Silvestre (2007), um objectivo importante num problema de regressão é prever ou estimar o valor mais provável da variável não controlada correspondente a um valor dado da outra variável que segundo Triola (1999), se a curva de regressão se ajusta bem aos dados, então tem sentido utilizar sua equação para fazer predições, desde que não ultrapassemos os limites dos valores disponíveis. Entretanto, Triola (1999) chega mais longe ao dizer que só devemos utilizar a equação de regressão linear se o coeficiente de correlação (r) indica a existência de uma correlação linear significativa. Na ausência de uma tal correlação linear, não devemos utilizar a equação de regressão para projectar ou prever; em vez disso, a melhor estimativa da segunda variável é simplesmente a sua média.

O coeficiente de correlação (r) toma valores no intervalo $[-1;1]$. Quando as variáveis variam no mesmo sentido, o coeficiente de correlação varia entre 0 e 1 e quando variam em sentido contrário varia entre -1 e 0. A situação em que $r_{xy} = -1$ e $r_{xy} = 1$ correspondem às situações de correlação perfeita, respectivamente, negativa e positiva. Quanto mais próximo de 0 estiver o coeficiente de correlação mais fraca é a correlação ou relação linear entre as variáveis e quanto mais próximo de 1 ou -1, mais forte ou mais significativa é a relação linear (Silvestre, 2007).

A equação de regressão representa a curva que melhor se ajusta aos pontos de acordo com a propriedade dos mínimos quadrados. Uma curva verifica a propriedade dos mínimos quadrados se a soma dos quadrados dos resíduos (que é a diferença $(y - \hat{y})$ entre um valor amostral observado y e o valor \hat{y} predito com base na equação de regressão) é a menor possível (Triola, 1999).

Segundo Mello (1997), para exprimir a proporção da variabilidade total em Y explicada pela regressão de Y em X (proporção da variabilidade de Y atribuível à variabilidade de X) recorre-se ao coeficiente de determinação (r^2), ou seja, o coeficiente de determinação é o valor da variação de y que é explicado pela recta de regressão e é dado pela razão entre variação explicada $(\hat{y} - \bar{y})$ e a variação total $(y - \bar{y})$ ou simplesmente elevando ao quadrado o coeficiente de correlação linear r (Triola, 1999).

2.3.2. Quantificação da biomassa a partir das relações alométricas

A estimativa da biomassa de árvores florestais tem sido objecto de investigação a muito tempo (Fehrmann & Kleinn, 2006). Dentre as abordagens metodológica padrão estão as relações alométricas. Desde que algumas abordagens universais aplicam-se aos animais e também às plantas herbáceas (West *et al.*, 2001), os cientistas florestais estão a procura de leis universais, que permitem predizer a biomassa das árvores a partir de variáveis relativamente fáceis de medir (Brown & West, 2000). A pesquisa feita é dirigida também pela necessidade crescente de informação para a formulação e definição de políticas

climáticas (exemplo, protocolo de Kyoto), que requer estimativas confiáveis de sequestro de carbono em ecossistemas florestais (Rosenbaum *et al.*, 2004).

Inventários florestais têm sido usados geralmente como ponto de partida para a estimação da biomassa e armazenamento de carbono em florestas naturais de algumas regiões do mundo (Brown & Lugo, 1992). Frequentemente, equações de biomassa têm sido desenvolvidas com base em dados de inventário florestal. Em alguns casos, as equações são construídas a partir de medições de árvores individuais (Brown & Iverson, 1992).

Segundo Segura & Kanninen (2005), nos trópicos, a informação colhida nos inventários florestais geralmente incluem somente o DAP e a altura comercial. Em muitos casos, é difícil de medir a altura comercial da árvore com exactidão. Este problema resulta em estimativas influenciadas quando a altura da árvore é estimada a olho nu e fica incluída como uma variável independente no cálculo de volume e biomassa. Considerando esta fonte de erro, é necessário desenvolver modelos de estimativa de volume e biomassa aérea usando variáveis tal como diâmetro a altura do peito que pode ser medida com exactidão no campo. Este método é rápido, requer pouco trabalho e é também mais barato nos inventários florestais.

Brown (1997), chega mais longe ao dizer que este método relata a quantidade da biomassa por árvore como função de uma ou combinação de três dimensões. Para o efeito, o mesmo autor estabeleceu cinco equações para florestas tropicais (entre exponenciais e quadráticas) que estabelecem a relação entre a biomassa total de árvores individuais em função de diâmetro de acordo com a zona climática (zona seca, zona húmida e zona muito húmida) como mostra a Tabela a seguir:

Tabela 1: Definição de equação de regressão de acordo com a zona climática; onde Y é a biomassa por árvore em kg, D é o diâmetro a altura do peito e Ab é a área basal.

Zona climática	Equação	Intervalo de DAP	Número de árvores	r ²
Seca	(1) $Y = \exp[-1.996 + 2.32 * \ln(D)]$	5-40	28	0.89
Seca	(2) $Y = 10^{[-0.535 + \log_{10}(Ab)]}$	3-30	191	0.94
Húmida	(3) $Y = 42069 - 12.80(D) + 1.242(D^2)$	5-148	170	0.84
Húmida	(4) $Y = \exp[-2.134 + 2.530 * \ln(D)]$	5-148	170	0.97
Muito húmida	(5) $Y = 21.297 - 6.953(D) + 0.740(D^2)$	4-112	169	0.92

Fonte: Brown (1997)

Segura & Kanninen (2005), desenvolveram modelos para estimar o volume e biomassa total usando DAP, altura comercial e altura total através de análises de regressão linear e não linear, em contraste os mesmos autores recomendam no seu estudo o uso de DAP para modelos de biomassa da árvore por ter uma vantagem prática, como a facilidade de medição nos inventários. Para a selecção dos modelos que melhor se ajustam aos dados, Segura & Kanninen (2005) basearam-se em testes estatísticos das quais destacam-se o coeficiente de determinação, coeficiente de variação e erro quadrado da raiz principal da equação ajustada, cujo modelo que melhor se ajusta, para Segura & Kanninen (2005), deve possuir o coeficiente de determinação relativamente mais alto e baixos coeficiente de variação e erro quadrado da raiz principal da equação.

Para Brown & Lugo (1992), a quantificação da biomassa da árvore nos trópicos é uma actividade que consome muito tempo, especialmente a medição de certos componentes, tais como as folhas e ramos. Em adição, uma boa base de dados para desenvolver a equação de regressão deveria conter diâmetros largos porque estes são os principais componentes da biomassa aérea de florestas tropicais maduras. Segundo Segura & Kanninen (2005), equações genéricas partem por zonas ecológicas, para estimar a biomassa aérea existente mas eles não devem reflectir exactamente a biomassa da árvore na área ou região específica.

De acordo com Somogyi *et al.*, (2006), a outra maneira para estimar a biomassa é aplicando uma equação apropriada de biomassa (BE) que prediz a biomassa da árvore em

função do diâmetro a altura do peito (DAP), ou em função do DAP junto com outros dados de árvores amostra medidas, praticamente dos inventários florestais:

$$B = f(P_1, P_2, \dots, p_1, p_2, \dots), \quad (6)$$

onde B é a biomassa (peso seco ou fresco da planta, em kg ou Ton); P_1, P_2 , etc. os dados da árvore disponível (ex: DAP, cm; altura, m) e p_1, p_2 , etc. o parâmetro(s) da equação. O primeiro método pode ser usado somente se as estimativas agregadas do volume, por exemplo volume do stock em crescimento por espécies de árvore, estiverem disponíveis, visto que as equações de biomassa são viáveis se uma tiver acesso à amostra representativa de dados da árvore da população alvo. Este papel focaliza nos factores e nas equações de biomassa partindo do volume, do DAP e de toda outra informação do inventário florestal conhecidos como dados úteis.

Para calcular a biomassa Tchaúque (2004), no estudo da biomassa lenhosa aérea no CB, estabeleceu parcelas temporárias de 20x20 m, dentro das quais estabeleceram-se medidas de todas árvores com DAP maior ou igual a 5 m. Após a medição foi feito o abate, a traçagem e pesagem no local. Colheram-se amostras (troncos e ramos) e determinou-se o peso verde e posteriormente foram submetidas a secagem numa estufa a 80°C mediante pesagens diárias até ao peso constante. Para estabelecer a relação entre o DAP e biomassa, Tchaúque construiu gráficos a partir de equações de regressão, seleccionadas usando o método de quadrados mínimos. Na relação feita o coeficiente de determinação estava acima de 50% que significa que mais da metade da variação da biomassa pode ser explicada pelo DAP. Da relação entre o DAP e o peso seco total da árvore surge a seguinte equação:

$$P_{total}(kg) = -41.077 + 2.816554DAP + 0.35657DAP^2 \quad N=290 \quad R^2 = 0.78, P < 0,0001 \quad (7)$$

Segundo Brown (1997), a vantagem deste método é que este produz estimativa de biomassa sem ter que fazer estimativa de volume, seguido da aplicação do factor de expansão para representar as componentes das árvores não inventariadas. A desvantagem é que um número reduzido de inventários reporta tabelas de povoamentos para pequenas

classes de diâmetro de todas as espécies. Razão pela qual nem todos os países dos trópicos usam este tipo de estimativas. Para usar um destes métodos o inventário deve incluir todas as espécies de árvores.

2.4. Abordagem do volume e da densidade da madeira

Segundo Brown (1997), o volume comercial sobre a casca das árvores do povoamento para onde se pretende converter o volume em biomassa, é geralmente o resultado do processamento de dados do inventário florestal. O volume é assim, calculado com base na altura comercial da base da árvore até à base da primeira ramificação.

Segura & Kanninen (2005) para o cálculo de volume, efectuaram medições antes do abate das árvores seleccionadas, tais medições consistiam em diâmetro a altura do peito: DAP, altura comercial: H_c , e altura total: H . O critério para o abate dessas árvores foi o de possuir $DAP \geq 60$ cm. Depois do abate, cada árvore foi dividida em 5 componentes nomeadamente tronco comercial, cepo, tronco não comercial, ramos grossos e ramos finos que em seguida os mesmos autores efectuaram o cálculo dos respectivos volumes para o cálculo do volume total da árvore a partir do somatório dos volumes parciais de cada componente medido e cálculo do volume do tronco a partir do somatório dos volumes do cepo, tronco comercial e tronco não comercial.

Para o cálculo da densidade da madeira Brown (1997), usou os valores da densidade para várias espécies comuns na região da sua área de estudo fazendo a media ponderada da densidade das espécies encontradas. Sendo o WD a densidade da madeira seca na estufa, enquanto que a informação disponível é a densidade da madeira seca no ar ou a 12% de humidade, o autor achou a necessidade de um ajustamento. O ajustamento de densidade da madeira a 12% de humidade para a densidade da madeira seca na estufa, consistiu numa equação de regressão (ver equação 8).

$$WD_e = 0.0134 + 0.800WD_{12} \quad (8)$$

Onde: WD_e – é a densidade (ajustada) da madeira seca na estufa (Ton/m^3 ou g/cm^3) e WD_{12} – é a densidade da madeira seca ao ar ou a 12% de humidade (Ton/m^3 ou g/cm^3).

Segura & Kanninen (2005), calcularam a densidade da madeira para floresta tropical húmida da Costa Rica a partir de 38 amostras de 5 x 5 x 15 cm que foram extraídas no topo da secção do cepo e a partir da secção do topo do tronco comercial das árvores abatidas para a posterior secagem e pesagem, obtendo deste modo uma densidade de espécies amostradas de 0.62 ± 0.06 (g/cm^3), variando entre 0.55 a 0.70 g/cm^3 . Para espécies africanas Brown (1997) apresenta informação da densidade de madeira para 282 espécies com um intervalo que varia entre 0.50 a 0.79 g/cm^3 .

2.5. Factor de expansão de biomassa

Esta é a componente de relativa significância neste estudo, é de referir que Tchaúque (2004), desenvolveu funções de regressão para estimar a biomassa e Brown (1997), indica outros métodos também utilizados para estimar a biomassa com base em dados do inventário, os quais não foram avaliados por Tchaúque, sendo um desses métodos o BEF que é o objecto deste estudo.

No general, as estimativas do stock do carbono e as mudanças do stock em florestas são baseadas em dados do inventário da floresta (Dixon *et al.*, 1994). A avaliação sistemática de recursos florestais é uma fonte de informação confiável sobre as quantidades de volume de tronco no país e a níveis regionais e assim servir de uma base apropriada para o estudo de biomassa e o carbono (Kauppi *et al.*, 1992). Como os inventários florestais nacionais (IFN) são geralmente virados para estimativas de volumes de tronco comercial, a desvantagem de usar dados de IFN é a falta de medidas directas da biomassa. Com poucas excepções (por exemplo Segura & Kanninen (2005)), as estimativas representativas de biomassa para áreas maiores não existem.

IPCC (2003) afirma que a mudança no stock da biomassa pode ser avaliada como uma diferença entre o incremento da biomassa e as remoções da biomassa, ou como uma mudança do stock da biomassa entre os inventários consecutivos. Devido aos requerimentos elevados nos recursos para as medições e avaliação da biomassa sob condições de campo são feitas na prática em qualquer uma das duas maneiras indirectas. Um deve usar os dados de volume de determinados compartimentos das árvores ou dados levantados do povoamento através dos inventários florestais ou por outras estatísticas nacionais e multiplicar a um factor apropriado ou factores, referido neste texto como factores de biomassa (BF) para converter e, se necessário, expandir ou reduzir as estimativas disponíveis do volume para estimativas de biomassa requeridas:

$$B = P \times BF, \quad (9)$$

onde B é a biomassa (peso seco ou fresco da planta, em Kg ou Ton), P uma árvore disponível ou um parâmetro do povoamento (ex: volume da árvore, m³) e BF um factor de biomassa apropriado que deve incluir uma conversão e, se necessário, uma componente de expansão. Há muitos termos usados para estes factores na literatura. Provavelmente o nome mais frequentemente usado é o factor de expansão de biomassa (BEF). Entretanto, BEF é somente um tipo de factor de biomassa (Somogyi *et al.*, 2006).

O stock da biomassa lenhosa tem que ser calculado usando factores de expansão de biomassa (BEFs) que converte os volumes de madeira em peso seco (factor densidade) e depois disso em biomassa da árvore inteira (factor de expansão) (Karjalainen & Kellomaki, 1996). Em geral, o BEFs constante tem sido aplicados (FAO, 2001), embora se saiba que BEFs varia dependendo das condições do crescimento e da fase do desenvolvimento do povoamento (Satoo & Madgwick, 1982).

Um factor a ser usado para estimar a biomassa pode ou não expandir, mas deve sempre converter o parâmetro disponível da árvore ou do povoamento em biomassa, ao menos que este parâmetro por alguma sorte for biomassa. O termo factor de biomassa deve ser usado para referir algum factor que pode ser usado individualmente ou em combinação

com outros factores para estimar a biomassa do volume, e factor de expansão de biomassa deve ser usado somente para referir factores que expandem (Somogyi *et al.*, 2006).

Para Brown (1997), valor de factor de expansão de biomassa, é calculado com o objectivo de adicionar a biomassa aérea não incluída no tronco, que segundo o mesmo autor o valor de BEF será maior quanto maior for a proporção da biomassa dos ramos na biomassa total. Brown (1997), desenvolveu para florestas tropicais fechadas o método de BEF que incluiu todas árvores com o DAP ≥ 10 cm que para povoamentos com biomassa do volume inventariado (do tronco) ($=VoB*WD$) superior a 190 ton/ha, o BEF=1.74. Para povoamentos com biomassa do volume inventariado inferior a 190 ton/ha BEF é estimado usando a equação,

$$BEF = e^{(3.213-0.506Ln(VoB*WD))}, \quad (10)$$

equação esta que posteriormente o mesmo autor usou para quantificar a biomassa nas florestas tropicais a partir da fórmula

$$B = VoB \times WD \times BEF, \quad (11)$$

Onde: VoB é o volume inventariado do tronco incluindo a casca (m^3/ha), WD densidade da madeira seca na estufa (Ton/m^3) e BEF factor de expansão de biomassa.

Para estimar os valores de biomassa para as cinco componentes acima mencionadas, Segura & Kanninen (2005), converteram os volumes de cada componente para biomassa usando os valores da densidade e o factor de expansão de biomassa foi definido como uma razão entre a biomassa total e biomassa do tronco segundo Brown (1997), obtendo deste modo a média de BEF entre 1.6 ± 0.2 , variando de 1.4 a 1.9.

Segundo Somogyi *et al.*, (2006), BFs e BEs podem ser definidos de muitas maneiras e, parcialmente por causa disto, muitos factores e termos são usados. O efeito de usar BFs diferente para a mesma espécie para estimar a biomassa é demonstrado bem por Wirth *et*

al., (2004) que estimaram a biomassa da mesma base de dados do inventário florestal usando factores de biomassa da base de dados de IPCC e outras de cinco fontes diferentes. As várias estimativas de biomassa diferiram em tanto quanto 40% em relação a estimativa de biomassa baseada nos dados de IPCC. Somogyi *et al.*, (2006), concluiu também que o inventário do gás de estufa de Hungria era sensível aos factores de biomassa usados com dados do inventário florestal como por exemplo, uma mudança de 20% no valor de factor de biomassa resultou em uma mudança 12.0% no dissipador total do carbono para o país. Por outro lado, BFs e BEs representativos aplicados para a estimativa de biomassa da árvore na Suécia deram estimativas consistentes (Jalkanen *et al.*, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área de Estudo

3.1.1. Localização geográfica e limites

O Corredor da Beira (CB), localiza-se na região centro de Moçambique, estende-se a um comprimento de 260 km, ligando as províncias de Sofala e Manica, fazendo a fronteira com Zimbabwe a partir da província de Manica. A maior parte da região é coberta por montanhas com altitude que variam de 400 a 800 metros e uma porção de planícies que variam de 200 a 300 metros. A área de estudo envolve os seguintes distritos: Dondo e Nhamatanda, na província de Sofala e Gondola e Manica, na província de Manica. A província de Sofala é limitada a Norte e Nordeste pelo rio Zambeze, a Este pelo Oceano Índico, a Sul pelo rio Save que a separa da província de Inhambane e a Oeste pela província de Manica. A província de Manica situa-se no centro Oeste de Moçambique, e é limitada a Norte pela província de Tete, a Sul pela província de Inhambane e Gaza, a Este pela província de Sofala e a Oeste pelo Zimbabwe (DNE, 1997).

3.1.2. Vegetação

Para a descrição do tipo de vegetação mais predominante no CB, teve-se em conta classificação de mapas de uso e cobertura de terra da CENACARTA de 1997, na escala de 1:250000, onde notou-se a presença das florestas de baixa altitude, matagal e arbustiva como vegetação predominante naquela região, como ilustra a Tabela seguinte:

Tabela 2: Distribuição da vegetação por distrito; onde Fba é a floresta de baixa altitude aberta, Fha é a formação herbácea arbustiva, Mat é o matagal, Mo é a moita e Fsv é a floresta sempre verde.

Distritos	Tipos de vegetação
Dondo	Fba, Fha, Mat e Mo
Nhamatanda	Fba, Fha, Mat, Mo e Fsv
Gondola	Fba, Fha e Mat
Manica	Fba, Fha, Mat e Mo

Fonte: Adaptado de Tcháúque (2004)

3.1.3. Clima

De um modo geral o CB possui um clima tropical, sendo a zona sueste do corredor (Dondo e Nhamatanda) influenciada pelo clima tropical húmido com uma precipitação média anual cerca de 1500 mm e temperaturas que variam entre 20 a 27°C. Na parte norte do corredor onde o período chuvoso é ligeiramente curto, encontramos elevações relativamente acentuadas e predominância do clima subtropical semi-árido com elevada evapotranspiração e uma precipitação média que ronda aos 1000 mm com modestas variações (Avaldo *et al.*, 2000).

3.1.4. Solos

De acordo com a Carta Nacional de solos do INIA (1995), o Corredor da Beira é caracterizado por apresentar solos profundos que variam entre argiloso a franco-argiloso ou arenoso, com cores variando entre castanho e vermelho acinzentado. O pH dos solos variam entre 5-8 isto é, ligeiramente ácido com tendência a alcalinos.

3.1.5. Distribuição populacional

Segundo o censo geral da população realizados pelo Instituto Nacional de Estatística em 1997, a população do CB foi estimada em cerca de 701 227 habitantes e uma superfície cerca de 15 700 km², isto é possui de um modo geral uma densidade populacional estimada em cerca de 44.67 hab/km² e uma taxa de crescimento anual em cerca de 2.5. Destes números, um pouco mais de 50% são mulheres que, juntamente com os homens, dia a dia realizam as suas actividades laborais, fazendo o uso da terra para agricultura e de recursos florestais como lenha, carvão, material para construção, etc. A Tabela 3 ilustra a distribuição detalhada da população do CB por distrito tendo em conta a sua superfície.

Tabela 3: Distribuição populacional por distrito do Corredor da Beira

Distrito	População (hab)	Superfície (km ²)	Densidade (hab/km ²)	Proporção da população por distrito (%)
Dondo	141 282	2000	70.6	20.1
Nhamatanda	158 945	4 000	39.7	22.7
Gôndola	207 000	5 300	39.1	27.7
Manica	194 000	4 400	44.1	29.5
Total	701 227	15 700	-	100

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Estatística. Moçambique. 1997

3.1.6. Actividades sócio-económicas

Os distritos situados no corredor da Beira, apresentam uma localização estratégica no que diz respeito à oportunidade de negócio, pois possuem fácil acesso às vias rodoviárias e ferroviárias para outros distritos da região e para países vizinho tais como Zimbabwe, Malawi, Zâmbia e Tanzânia, abrindo de certa forma uma grande viabilidade para o comércio e outros tipos de actividades. A população local pratica basicamente a agricultura para a subsistência e actividades viradas a gerar rendimentos através do

comércio (INE, 1997). Estes e outros podem ser motivos mais do que suficientes para a concentração da população naquela região.

3.2. Análise de mapas de uso e cobertura de terra

Antes de se dirigir ao campo, observou-se imagens satélite e mapas de uso e cobertura de terra de 1997, obtidos na CENACARTA à escala de 1:250000 o que permitiu identificar os tipos de formações vegetais que cobriam cada distrito e outros tipos de uso de terra. Após a identificação dos tipos de uso e cobertura de terra foram marcadas as áreas no mapa onde possivelmente as parcelas seriam estabelecidas e que estas áreas foram marcadas tendo em conta a acessibilidade observando os mapas topográficos.

3.3. Recolha de dados no campo

A recolha de dados para realização deste trabalho foi feita nos quatro distritos que constituem o Corredor da Beira, nomeadamente Dondo, Nhamatanda, Gondola e Manica. A selecção dos pontos de amostragem e o levantamento de dados de campo foi feito por Tchaúque (2004).

As parcelas na área de estudo foram localizadas usando um GPS (Global Positioning System) que tinha orientação das coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) marcadas no mapa. Foram estabelecidas 27 parcelas temporárias de 20x20m (400 m²). É de referir que o número de parcelas não foi o mesmo para cada tipo de vegetação devido à acessibilidade e à superfície coberta por cada tipo de vegetação. A Tabela a seguir ilustra a distribuição de número de parcelas para cada tipo de vegetação e por distrito.

Tabela 4: Distribuição de número de parcelas para cada tipo de vegetação.

Tipo de vegetação	Nº de parcelas	Localização (distritos)
Floresta de baixa altitude fechada	2	Nhamatanda
Floresta de baixa altitude aberta	8	Dondo, Nhamatanda, Gondola e Manica
Moita (arbustos baixos)	3	Dondo e Gondola
Matagal aberto	8	Dondo, Nhamatanda, Gondola e Manica
Formação herbácea arborizada	6	Dondo, Nhamatanda, Gondola e Manica
Total	27	

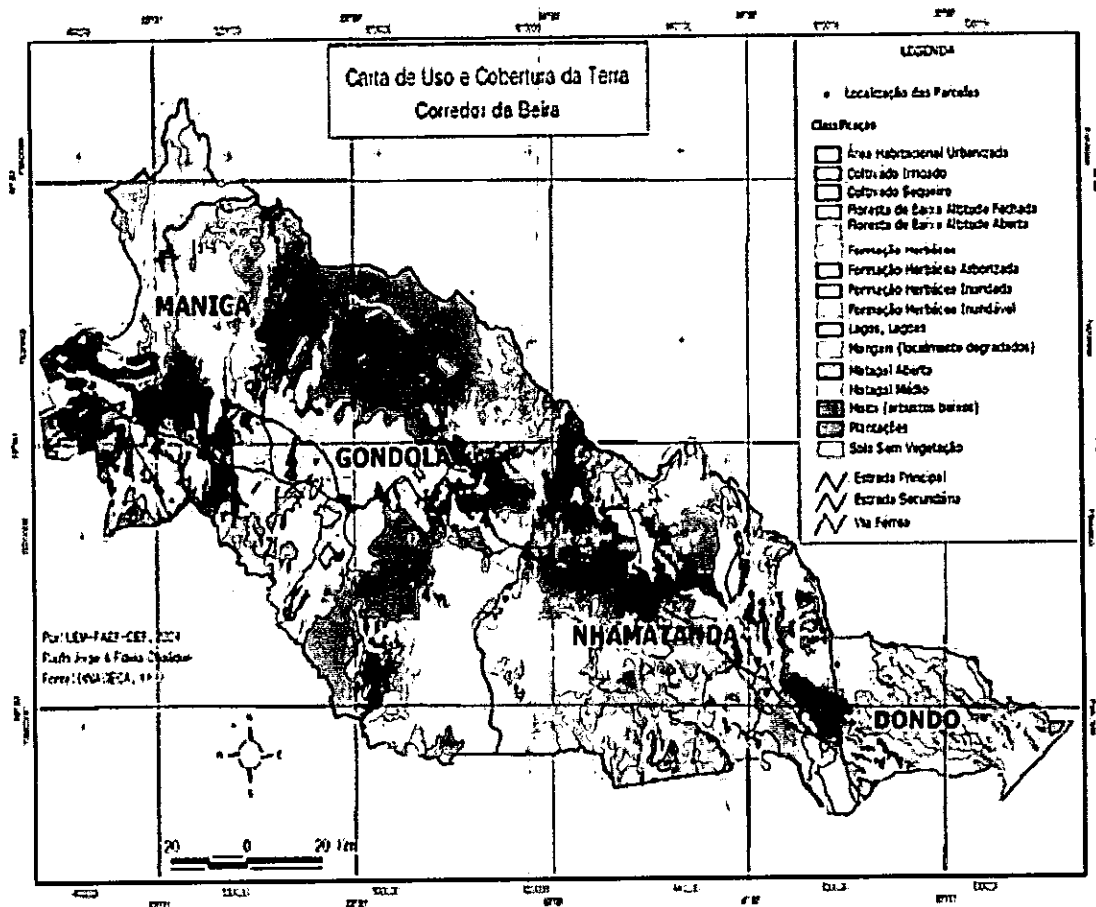


Figura 1: Distribuição das parcelas no mapa de uso e cobertura de terra (Fonte: Tchaúque (2004)).

3.4. Caracterização dos dados

Para cada tipo de vegetação, os dados são caracterizados por apresentarem as medidas do diâmetro a altura do peito (DAP) nas parcelas estabelecidas que incluíram todas as árvores com um DAP maior ou igual a 5 cm com auxílio da suta e foram abatidas por uma motosserra, do total das 27 parcelas foram medidas e abatidas 290 árvores de diversas espécies, as quais não foram especificamente identificadas. Mediu-se o diâmetro da base e do topo do tronco (todas medições feitas incluíam a casca), bem como o comprimento do tronco e o comprimento total da árvore usando a fita métrica. Com a motosserra, fez-se a traçagem dos troncos abatidos, assim como os respectivos ramos usando a catana, em ambas situações (para troncos e ramos), a traçagem fez-se em tamanho fáceis de se pesar com a balança disponível. Para todos os casos em que o DAP fosse maior que 10 cm, os troncos foram pesados separadamente dos ramos e foram pesados apenas ramos com diâmetro maior que 1 cm. O somatório entre os pesos verde dos troncos e ramos ditaram o peso verde total.

3.5. Extracção das amostras para o laboratório

De modo a garantir a representatividade das amostras, para cada parcela classificou-se as árvores em três (3) categorias de tamanho: pequenas, para árvores com DAP que varia de 5 – 19 cm; médias, para árvores com DAP que varia de 20 – 30 cm e grandes para árvores com DAP maior que 30 cm. Para cada categoria dentro da parcela, seleccionou-se uma árvore para a extracção da amostra na parte central do tronco, com espessura que variava de 5 a 20 cm e amostra de ramo escolhida aleatoriamente. Mediu-se o peso verde das amostras com auxílio de uma balança de precisão e foram enumeradas por um marcador para facilitar a sua identificação e conservadas em sacos de papel também enumeradas para a posterior secagem de modo a obter o peso seco constante no laboratório.

3.6. Trabalho de laboratório

Para trabalhos laboratoriais, colheu-se um total de 122 amostras de troncos e ramos com base em classes de diâmetro acima citadas. Após a obtenção dos pesos das amostras no campo, tais amostras foram novamente pesadas logo chegadas no laboratório antes de serem submetidos a secagem, podendo deste modo corrigir valores que eventualmente poderia alterar devido à humidade adquirida ou perdida nas caixas onde estas se encontravam armazenadas. Após a pesagem as amostras foram introduzidas numa estufa com os respectivos cartuchos de papel que possuíam a sua identificação a uma temperatura de 85°C durante 2 a 3 dias para as amostras de diâmetros e espessuras menores e 3 a mais dias para diâmetros de espessuras maiores.

Logo a partir do segundo dia, depois das amostras terem sido metidas na estufa foram submetidas a pesagens diárias para observar até que ponto o peso das amostras permanecia constante, o trabalho laboratorial terminou quando todas amostras apresentavam pesos constantes que em seguida os tais dados foram registados nos respectivos formulários.

3.7. Processamento de dados

3.7.1. Determinação de conteúdo de humidade das unidades amostrais

Foi criada para cada tipo de vegetação, duas tabelas que continham números de amostras dos troncos e ramos. Ainda nas mesmas tabelas para cada componente (troncos e ramos) continham o peso verde e peso seco registado das amostras secadas na estufa. Com estes dados, calculou-se o conteúdo de humidade das amostras a partir da seguinte formula:

$$CH = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad (12)$$

Onde: P_1 – peso verde (kg)

P_2 – peso seco na estufa (kg)

CH – conteúdo de humidade (%)

3.7.2. Determinação do peso seco (P_s)

Ainda para cada tipo de vegetação foi novamente criada uma tabela que continha o número da parcela, peso verde e seco para os ramos troncos e para o peso total. Usando estes dados calculou-se o peso seco de cada componente arbórea usando a seguinte fórmula:

$$P_s = P_c - \frac{P_c \times mCH}{100} \quad (13)$$

Onde: P_s – peso seco da componente arbórea (tronco ou ramo) (kg)

P_c – peso da amostra da componente arbórea (tronco ou ramo) (kg)

mCH – conteúdo de humidade médio (para tronco ou ramo) (kg)

3.7.3. Determinação da área basal e volume do tronco sobre a casca

A área basal para a estimativa do volume foi obtida com base no DAP, comprimento do tronco e factor de correcção para altura comercial de acordo com a seguinte fórmula usada no inventário florestal nacional realizado por Marzoli (2007) para o cálculo de volume:

$$V_t = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L_t \times f_c \quad (14)$$

Onde: V_t – volume do tronco (m^3)

D – diâmetro a altura do peito (m)

L_t – comprimento do tronco (m)

f_c – factor de forma para altura comercial (0.8)

3.7.4. Cálculo da densidade da madeira (WD)

Para o cálculo da densidade da madeira fez-se o cálculo da abundância relativa das espécies a partir dos dados disponíveis e calculou-se a média ponderada da densidade das espécies existentes no Corredor da Beira cujos nomes das mesmas espécies constavam na lista da densidade de madeiras de Moçambique elaborada por Siteo & Tchaúque (2007), obtendo-se deste modo a densidade de 0.67 Ton/m^3 para as espécies do CB.

3.7.5. Determinação da proporção dos ramos na árvore

Esta componente contribuiu significativamente na escolha de procedimento usado neste estudo para o cálculo do factor de expansão de biomassa (BEF). A proporção dos ramos determinou-se a partir do peso dos ramos e peso total da árvore para a determinação da correlação existente entre a percentagem dos ramos e o DAP. Esta relação foi determinante no uso de BEF constante e não como uma função. A fórmula a seguir mostra como se obteve a percentagem dos ramos:

$$R = \frac{P_r}{P_T} \times 100 \quad (15)$$

Onde: R – proporção dos ramos na árvore (%)

P_r – peso dos ramos (kg)

P_T – peso total da árvore (kg)

3.7.6. Determinação de factor de expansão de biomassa (BEF)

Numa primeira fase, para o cálculo de BEF determinou-se a biomassa do tronco para cada árvore individual tendo em conta o seu volume e densidade através da seguinte dedução:

$$B_i = V_{ii} \times WD \times BEF_i \quad (16)$$

$$\text{e } B_{ii} = V_{ii} \times WD \quad (17)$$

Onde: B_i – biomassa total para árvore i (kg); $kg = \text{Ton}/1000$

B_{ii} – biomassa do tronco para árvore i (kg)

V_{ii} – volume do tronco para árvore i (m^3)

WD – densidade da madeira (Ton/m^3)

BEF_i – factor de expansão de biomassa para árvore i

$$\text{Logo, } BEF_i = \frac{B_i}{B_{ii}} \quad (18)$$

3.7.7. Cálculo da biomassa total da árvore individual usando BEF

O cálculo da biomassa da árvore individual foi efectuada tendo em consideração o volume individual do tronco, a densidade da madeira e o BEF médio como mostra a seguinte formula:

$$B_i = V_{ii} \times WD \times BEF \quad (19)$$

$$BEF = \frac{\sum_{i=1}^n BEF_i}{n} \quad (20)$$

Onde: B_i – peso total da árvore i

WD – densidade da madeira

V_{ii} – volume do tronco para árvore i

BEF – factor de expansão de biomassa médio (\bar{y})

BEF_i – factor de expansão de biomassa para árvore i

n – tamanho da amostra

É de referir que a média real foi calculada baseado no teste t de duas vias a 95% de confiança de acordo com as seguintes formulas:

$$\mu = \bar{y} \pm t \times s_y \quad s_y = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad E = t \times s_y \quad (21)$$

Onde: μ – média real

t – t de student

s – desvio padrão

s_y – erro padrão

n – tamanho da amostra

\bar{y} – factor de expansão de biomassa médio (BEF)

E – erro amostral.

3.7.8. Comparação da biomassa calculada a partir dos dois métodos de medição (BEF e regressão)

É de salientar que no presente estudo, a comparação entre os métodos de quantificação da biomassa lenhosa, baseou-se na equação de regressão de Tchaúque (2004) (ver eq. 7), equação esta que foi desenvolvida para a região do Corredor da Beira.

Para a comparação fez-se a construção do gráfico de distribuição de pontos onde uma das variáveis é a biomassa calculada usando BEF e outra é a biomassa calculada a partir da

equação de regressão, e determinou-se a relação existente entre estas duas variáveis a partir do cálculo do coeficiente de correlação de *Pearson* (r). Em seguida fez-se a comparação das mesmas variáveis usando algumas ferramentas estatísticas, partindo de princípio de que a biomassa medida directamente no campo é a mais precisa.

Ainda na comparação, fez-se a elaboração e testagem de hipóteses, que a partir da ANOVA foi possível verificar a existência ou não de uma diferença significativa entre os dois métodos de medição de biomassa abordados neste estudo. As hipóteses foram formuladas, assumindo que as variâncias são homogêneas onde a primeira hipótese é nula (H_0) e a segunda é alternativa (H_a):

H_0 : Os dois métodos de medição de biomassa florestal (BEF e regressão) fornecem iguais estimativas de biomassa.

H_a : Os dois métodos de medição de biomassa florestal (BEF e regressão) fornecem estimativas de biomassa diferentes.

Onde: GL – grau de liberdade SQ – soma dos quadrados

QM – quadrado médio Fcal – Fisher calculado

Fcrit – Fisher crítico P – nível de significância (é um valor muito alto)

Seguindo o princípio estatístico, quando o $F_{cal} < F_{crit}$ aceita-se a hipótese nula, caso contrário rejeita-se a hipótese nula.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Considerações gerais

O peso específico das espécies amostradas foi 0.67 Ton/m^3 (equivalente a 0.67 g/cm^3). O intervalo de diâmetro a altura do peito encontrado no estudo variou de 5 cm a 61.1 cm. O volume de tronco variou entre 0.0197 m^3 e 0.8155 m^3 . Similarmente a biomassa aérea total calculada com base no BEF variou entre 30.95 kg e 1281.44 kg. No geral a biomassa do tronco representa cerca de 45% da biomassa aérea total. Em suma o valor médio da densidade da madeira deste estudo está dentro da escala reportada por Segura & Kanninen (2005) e Brown (1997) que se encontra entre 0.55 a 0.70 g/cm^3 e 0.50 a 0.79 g/cm^3 , respectivamente. Os valores da densidade da madeira são necessários para a quantificação da biomassa e carbono nas florestas (Brown & Lugo, 1992). De referir que a estimativa da biomassa foi possível através do produto dos parâmetros como volume, densidade e o BEF que segundo Brown (1997), estes constituem ferramentas importantes na quantificação da biomassa lenhosa aérea.

Durante o processo da quantificação da biomassa a partir da informação do volume, algumas árvores medidas por Tchaúque (2004) foram excluídas do cálculo de BEF, por não possuírem dados sobre comprimento do tronco, que é um parâmetro importante para o cálculo do volume comercial e outras por não possuírem dados sobre o peso verde dos ramos que é uma variável de extrema importância para a determinação da proporção do peso dos ramos em relação ao peso total, como foi dito anteriormente que para todos os casos em que o DAP fosse menor que 10 cm, os troncos foram pesados juntamente com os ramos.

4.2. Relação entre DAP e BEF

Há necessidade de investigar uma possível relação entre BEF e DAP para analisar a possibilidade de existência de uma função alométrica que prediz o BEF a partir do DAP, caso o coeficiente de correlação indicar a existência de uma correlação linear significativa.

Da relação existente entre o DAP e o BEF, obteve-se um coeficiente de correlação de *Pearson* (r) igual a 0.117 (correlação fraca ou não significativa, $P < 0.05$), ou seja não existe um coeficiente interessante entre o tamanho da árvore e a percentagem do peso dos ramos como mostra a Figura 2, pois segundo Silvestre (2007) quanto mais próximo de 1 ou -1 estiver o coeficiente de correlação, mais forte ou mais significativa é a relação linear e Triola (1999) revelou que só devemos utilizar a equação de regressão linear se o coeficiente de correlação (r) indica a existência de uma correlação linear significativa. Na ausência de uma tal correlação linear, não devemos utilizar a equação de regressão para projectar ou prever; ao invés disso, a melhor estimativa da segunda variável é simplesmente a sua média. Mas segundo Brown *et al.*, (1989), há diminuição do BEF com o aumento do tamanho da árvore, porém, este fenómeno não foi observado neste estudo (Figura 2). Entretanto, para o cálculo de BEF usado na quantificação da biomassa, recorreu-se à média dos BEF's individuais, obtendo-se deste modo o valor de 2.03 como BEF médio. Mas o valor real da média situa-se entre 1.89 e 2.19 a um nível de confiança de 95%, ou seja:

$$1.88 < \mu < 2.19 ; n = 109 ; P < 0.05$$

Este intervalo de confiança possui uma amplitude reduzida entre os limites superior e inferior o que significa que o erro amostral é baixo ou seja é aceitável ($E = 0.15$), pois segundo Netto & Brena (1997), os inventários em florestas naturais o erro amostral não deve ser para além de 20%.

Estes resultados não se encontram dentro do intervalo reportado por Segura & Kanninen (2005), isto pode-se dever ao facto de a maioria das árvores amostradas serem de

tamanhos relativamente menores comparando com as árvores amostradas por Segura & Kanninen (2005) que incluíram árvores com DAP ≥ 60 cm. Ou seja, o factor de expansão de biomassa deste estudo indica que as árvores amostradas possuem no geral troncos pequenos, que representam uma porção menor de biomassa. A diferença constatada entre os valores de BEF calculados pode estar sendo causada, pelo menos em parte, por diferenças na estocagem da biomassa entre as classes de diâmetro. Em contra partida estes resultados encontram-se dentro da escala reportada por Brown & Lugo (1992). Factores de expansão de biomassa na Ásia tropical, América e África foram reportados por Brown & Lugo (1992) para variar entre 1.1 a 2.5.

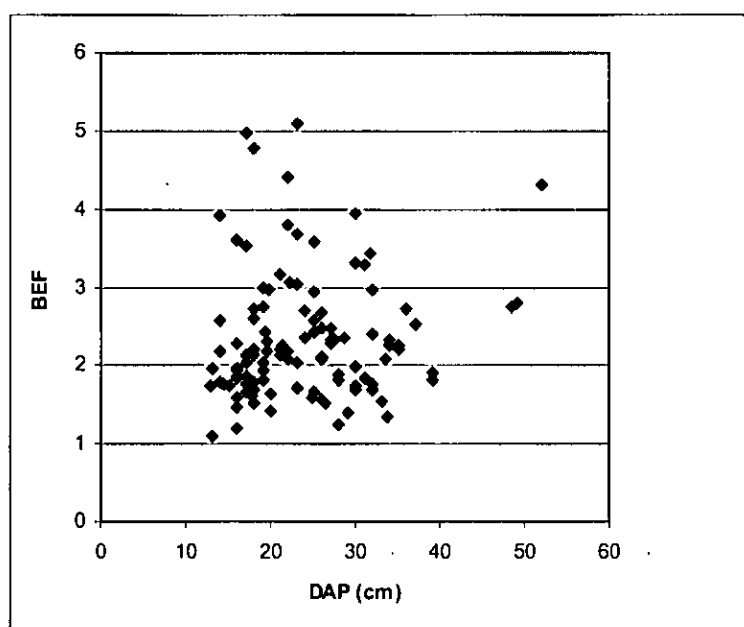


Figura 2: Relação entre DAP e BEF.

4.3. Proporção do peso dos ramos em relação ao peso total da árvore

Diante a análise dos dados, foi notável que cerca de 52.98% das componentes arbórea amostradas no Corredor da Beira são constituídas por ramos ou seja mais da metade do peso total arbóreo do CB são ramos, nesta óptica está evidente a significativa contribuição dos ramos na quantificação da biomassa lenhosa que em muitos casos têm

sido desprezados ou ignorados. A maior proporção do peso dos ramos foi de 79.87% e a menor proporção foi de 10.16%, com um coeficiente de variação cerca de 26% o que significa que apesar da média estar acima de 50%, existe algumas árvores com peso das copas relativamente reduzido que se acredita ser árvores grandes. Simultaneamente o maior BEF encontrado foi de 5.09 e o menor foi de 1.20, com coeficiente de variação cerca de 34%. É importante indicar que com efeito, a proporção do peso dos ramos tem uma relação muito forte com BEF ($r = 0.919$), que quando a proporção dos ramos aumenta, o BEF aumenta exponencialmente. Na Figura 3, está evidente que o factor de expansão de biomassa tem uma relação directa com a proporção do peso seco dos ramos e que na medida em que a percentagem do peso dos ramos aumenta, o factor de expansão de biomassa aumenta exponencialmente. Isto significa que o BEF espelha a proporção dos ramos e quanto maior for a proporção dos ramos, maior será o BEF. Árvores altas possuem maior volume de biomassa no tronco do que nos ramos e consequentemente menor BEF e árvores baixas ou pequenas possuem maior volume de biomassa na ramada do que no tronco e consequentemente maior BEF.

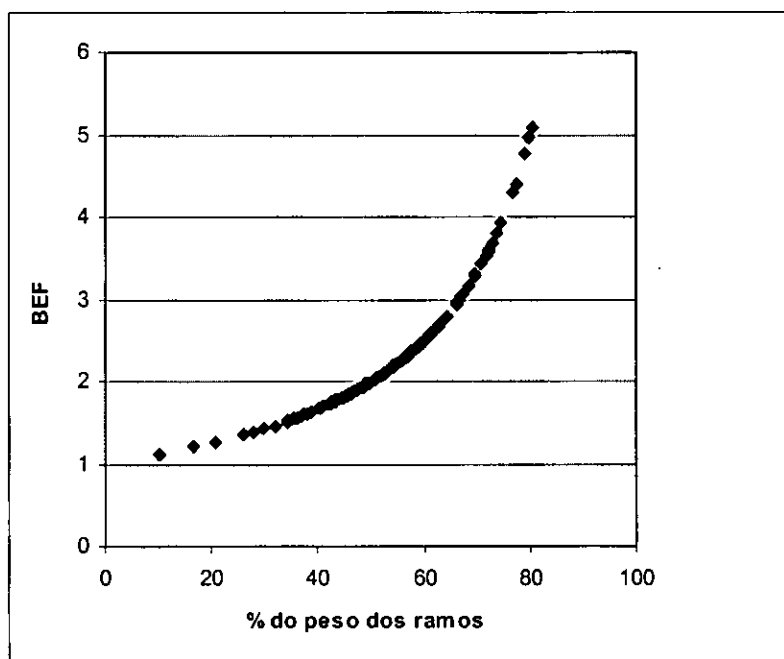


Figura 3: Relação entre peso seco dos ramos e BEF.

4.4. Biomassa média usando método de regressão e para diferentes BEF's em cada tipo de vegetação

Tabela 5: Biomassa média obtida usando método de regressão e para cada BEF em cada tipo de vegetação.

Tipo de formação	Método de regressão	Método de BEF	
	Biomassa média (Ton/ha)	Biomassa média (Ton/ha)	
		BEF do estudo	BEF de Brown
Floresta de baixa altitude aberta	64.19	50.41	121.48
Floresta sempre verde	26.34	14.99	66.73
Matagal	28.87	20.34	77.60
Formação herbácea arborizada	19.96	10.61	56.26

A maior quantidade de biomassa foi encontrada na floresta de baixa altitude aberta com 64.19 Ton/ha, 50.41 Ton/ha e 121.48 Ton/ha usando método de regressão, BEF deste estudo e de Brown, (1997) respectivamente e menor na formação herbácea arborizada com 19.96 Ton/ha para o método de regressão, 10.61 Ton/ha usando BEF deste estudo e 56.26 Ton/ha usando BEF de Brown (1997). No estudo, a floresta de baixa altitude aberta foi a formação que apresentou maior volume o que lhe conferiu maior estimativa de biomassa lenhosa ao contrário do que se verificou na formação herbácea arborizada onde possuiu volume menor. A partir da Tabela 5 pode-se ver que apesar de biomassa média deste estudo diferir tanto da biomassa média usando BEF de Brown (1997), esta encontra-se em proximidade em relação à biomassa média calculada a partir do método de regressão que comungam a mesma área de estudo, estando sujeita às mesmas condições na estrutura e composição florística.

Em todos os tipos de formação como mostra a Figura 4 o BEF de Brown (1997) apresenta maior quantidade de biomassa em relação ao BEF deste estudo, facto que se pode dever à variação do BEF de Brown (1997) em função do volume para cada tipo de formação e por este ter sido definido nas floresta densas, ao contrário do BEF do presente estudo que é uma constante e definida em áreas menos densas e/ou abertas. Entretanto o valor de BEF reportado aqui não significa necessariamente em subestimativa da biomassa. O BEF obtido por Brown (1997) foi calculado admitindo que árvores grandes

estocam grande parte de biomassa. De facto segundo os dados do presente estudo, há menos árvores com volume da copa maiores no CB do que em outras áreas de América de Sul e Ásia onde foram efectuados estudos de Brown (1997).

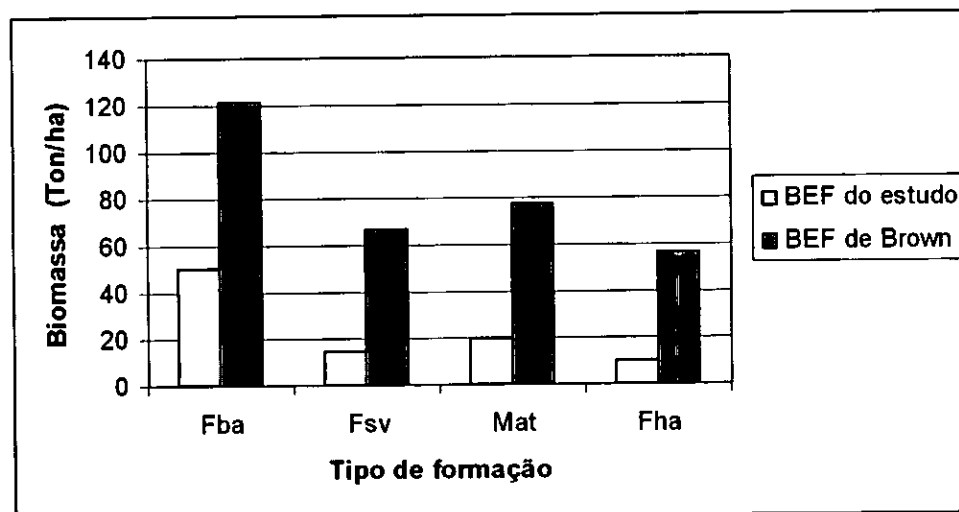


Figura 4: Comportamento da biomassa usando BEF de Brown (1997) e deste estudo nas diferentes formações.

Os resultados mostram claramente que o BEF de Brown (1997) foi desenvolvida em áreas em que a proporção dos ramos é muito elevada, contribuindo grandemente na quantidade da biomassa aérea total. A partir da análise de variância entre a biomassa calculada usando BEF deste estudo e BEF de Brown à 95% de confiança (Anexo 5), obteve-se como resultado $F_{cal} = 11.12$ e $F_{crit} = 5.99$ ($F_{cal} > F_{crit}$) o que significa que existe diferença significativa entre os dois BEF's, neste contexto, o BEF adequado para o CB é o desenvolvido neste estudo e não o BEF desenvolvido por Brown (1997).

Na Tabela 5, é notável a ausência da biomassa média, relativo à formação vegetal moita, isto pelo facto desta formação não possuir dados sobre comprimento do tronco, que é uma ferramenta necessária para o cálculo do volume médio, entretanto, por se tratar de árvores pequenas a contribuição de tamanho desta formação vegetal não é significativo.

4.5. Comparação entre biomassa calculada com base em BEF e com base na regressão

A distribuição dos pontos no gráfico, não se ajusta completamente à recta diagonal, como se pode observar na Figura 5, o cálculo da biomassa usando o factor de expansão, tem tendências de sobrestimar árvores relativamente grandes. O método de regressão subestima a biomassa de árvores grandes, resultando em biomassa média mais baixa. Na relação entre os dois métodos achou-se a presença de uma correlação positiva significativa, pois o coeficiente de correlação de *Pearson* (r) obtido na análise foi de 0.801.

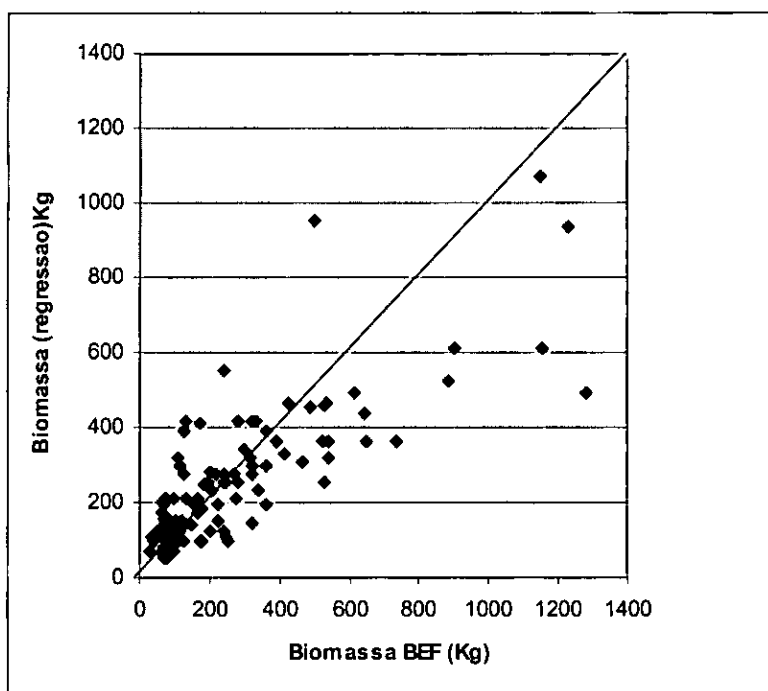


Figura 5: Relação entre biomassa calculada usando BEF e biomassa calculada a partir de regressão.

A Tabela 6 apresenta algumas medidas de tendência central que auxilia de certa forma na comparação do nível de proximidade de cálculo de biomassa lenhosa usando diferentes métodos (BEF e regressão), em que a partir da mesma tabela pode-se notar que a

biomassa medida directamente (peso seco) possui no total maior valor de biomassa em relação a biomassa estimada com base no BEF e com base na equação de regressão. É de referir que na comparação, o total medido não incluiu as árvores que foram retiradas no cálculo de BEF.

Partindo de princípio que a biomassa medida directamente é mais precisa, pode-se notar que o valor total da biomassa estimada usando BEF está mais próximo do valor total da biomassa medida directamente em relação ao valor total de biomassa estimada com base na equação de regressão. Fazendo uma outra análise (usando o coeficiente de variação), pode-se ver ainda que o valor do CV obtido para biomassa quantificada usando BEF encontra-se mais próximo do CV da biomassa calculada directamente.

Tabela 6: Representação de ferramentas de análise estatística.

<i>Métodos de Medição</i>	<i>Nº observações</i>	<i>Somatório (kg)</i>	<i>Média (kg)</i>	<i>Desvio Padrão (kg)</i>	<i>Coef. Variação (%)</i>
1. Biomassa (BEF)	109	28776.94	264.01	261.47	99.04
2. Biomassa (Regressão)	109	27452.99	251.86	183.91	73.02
3. Peso Medido	109	29770.75	273.13	258.28	94.56

Estas considerações podem ser observadas facilmente na Figura 6, onde apesar do método de regressão apresentar menor amplitude entre os limites inferior e superior, que é muito bom, a sua média e seus limites encontra-se mais distante da média e limites do peso medido em relação ao método de BEF. Ou seja de acordo com estes resultados, o método de estimação da biomassa lenhosa usando o BEF está mais próximo da realidade em comparação com o método de estimação da biomassa usando equação de regressão. Os três métodos estimam correctamente a biomassa lenhosa, como se pode observar ainda na Figura 6, a linha horizontal encontra-se dentro dos três intervalos de confiança determinados.

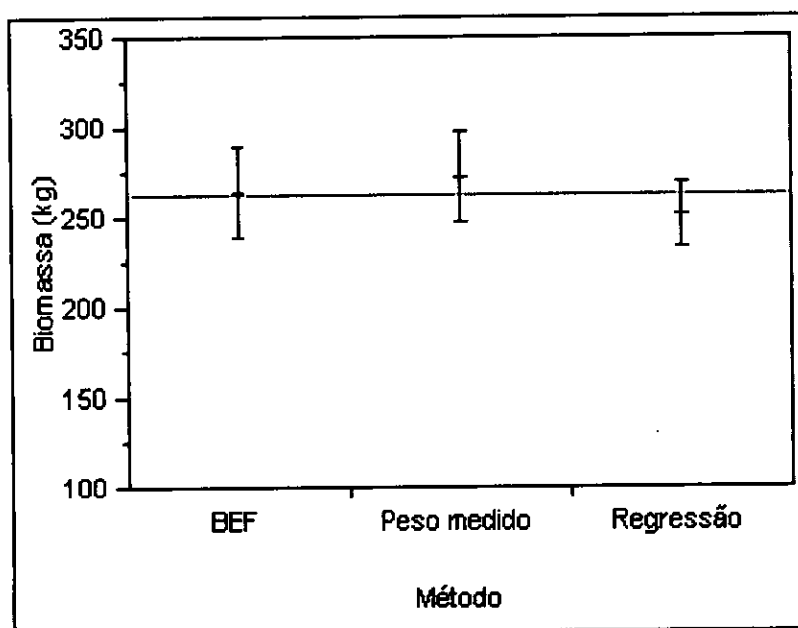


Figura 6: Intervalo de confiança da média para diferentes métodos de medição a 95%.

Para consolidar o nível de discussão da Figura 5, em relação à comparação entre os métodos de medição da biomassa usando BEF e usando equações de regressão, fez-se a elaboração e testagem de hipóteses com auxílio de uma tabela de ANOVA que a seguir vem apresentada:

Tabela 7: Análise de variância.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F _{cal}	F _{crit}	P
Métodos de Medição de Biomassa	1	8040.53	8040.53	0.16	3.88	*****
Resíduo	216	11036358.52	51094.25			
Total	217	11044398.05				

De acordo com o teste F a nível de significância de 5%, há evidências suficientes para aceitar a hipótese nula de que os dois métodos de medição de biomassa florestal (BEF e regressão) fornecem iguais estimativas de biomassa e que são confiáveis. Pois IPCC (2003) diz que quando as estimativas de biomassa estiverem dentro de 10% de valor local, podem-se considerar confiáveis.

Entrando em conformidade com Brown (1997), em que a facilidade do método de regressão é que reporta estimativas de biomassa sem ter que recorrer ao cálculo de volume, ao passo que o método de BEF fornece a facilidade de estimar a biomassa a partir de informação de volume como tem aparecido nos inventários florestais. Isto significa que, se não houver informação sobre o volume pode-se recorrer à equação de regressão tendo como variável independente o DAP que segundo Segura & Kanninen (2005), o DAP é a variável prática de usar devido à sua facilidade de medição, e caso haja informação de volume aconselha-se a recorrer o método de BEF que converte directamente o volume em biomassa. De referir que geralmente não é fácil obter dados brutos dos inventários.

5. CONCLUSÕES

O estudo realizado permite concluir que na região do Corredor da Beira, mais que a metade da biomassa aérea total está constituída por ramos que em muitos casos infelizmente não é quantificado.

A média do peso específico (ou densidade) calculado neste estudo (0.67 kg/m^3), encontra-se dentro dos intervalos estipulados por outros autores destacando o Brown (1997) que determinou a densidade para espécies arbóreas das florestas tropicais africanas. O factor de expansão de biomassa estimado neste estudo (2.03 ± 0.15) encontra-se entre o intervalo estabelecido por Brown & Lugo (1992).

Essas considerações permitem concluir que é necessário avaliar para diferentes fitofisionomias do CB a quantidade de biomassa estocada nos diferentes compartimentos das árvores de modo a promover melhor consistência nas estimativas de biomassa.

O método de estimação de biomassa lenhosa usando BEF no geral sobrestima a biomassa de árvores grandes enquanto que, o método de estimação de biomassa usando equação de regressão subestima a biomassa de árvores grandes.

Os métodos de quantificação de biomassa abordados neste estudo não influenciam significativamente nos resultados de estimativa de biomassa, portanto é indiferente usar qualquer um dos métodos aqui abordados. Ou seja não há diferença significativa no uso dos dois métodos.

6. RECOMENDAÇÕES

Resultados obtidos neste estudo e em outras partes (Segura & Kanninen (2005) e Brown (1997)), mostra a necessidade de se recomendar aos investigadores a desenvolver modelos de biomassa específica para cada região e tipo de florestas nos trópicos. O modelo geral de biomassa aérea total poderia ser claramente usado em áreas específicas ou projecto de carbono. Neste contexto, recomenda-se ainda o cálculo do factor de expansão de biomassa a nível de espécie e a nível da idade do povoamento ou classe diamétrica para o CB pois, ter-se-ia um BEF mais confiável e seguro para se tirar outras conclusões.

Ao governo, recomenda-se a adopção de políticas mais agressivas de modo a garantir que a população daquela região do país, faça o uso adequado e sustentável das florestas, no sentido de incrementar a quantidade de carbono sequestrado pelas florestas, contribuindo de alguma maneira para redução do aquecimento global que nos últimos anos tem sido um “calcanhar de aquiles” para o mundo.

A população local, recomenda-se a participação prática e activa da mesma nos projectos relacionados com a conservação ambiental e mudanças climáticas, bem como procurar colaborar com políticas adoptadas para a conservação da natureza, minimizando deste modo o nível de degradação das florestas que são a fonte de oxigénio para o ser vivo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avaldo, L. C., Araújo, S. M., Rodrigues C. A. e Barioni, V. J. (2000): Composição e dinâmica da biomassa aérea após a queima em Savana gramíneo-lenhosa no Pantanal, Brasília ecology. 7-9.
- Brown, S. (1997): Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forest Resources Assessment Publication N^o134. Roma. 55 p.
- Brown, S., Gillespie, A. J. R., e Lugo, A. E. (1989): Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. For. Sci. 35 (4): 381 – 902.
- Brown, S. e Iverson, L. R. (1992): Biomass estimates for tropical forests. World Resource. Rev. 4 (3): 366 – 383.
- Brown, S. e Lugo, A. E. (1992): Aboveground biomass estimate for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. Interciencia 17 (1): 8 -27.
- Brown, J.H. e West, G.B. (2000): Scaling in Biology. Oxford University Press, New York. 197 p.
- Castilho, C. V. de. (2004): Variação espacial e temporal da biomassa arbórea viva em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia Central. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.72 p.
- Direcção Nacional de Estatística (DNE). (1997): II Recenseamento Geral da População e Habitação. Maputo. Moçambique. 101 p.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. e Wisniewski, J. (1994): Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 263: 185–190.

FAO (1991): Plano de Acção Florestal Tropical. Roma, Itália. 98 p.

FAO (1992): Productos Forestales Madereros Possibilidades Futuras. Roma, Italy. 123 p.

FAO (1998): Directrizes Para a Avaliação nos Países Tropicais e Subtropicais. Roma, Italia. 87 p.

FAO (2001): Global forest resource assessment 2000. FAO Forestry Paper 140. FAO, Rome, Italy. 153 p.

Fehrmann, L. e Kleinn, C. (2006): General considerations about the use of allometric equations for biomass estimation on the example of Norway spruce in central Europe. Forest Ecology and Management, 236: 412–421.

Higuchi, N., Chambers, J., Santos, J. dos, Ribeiro, R. J., Pinto, A. C. M., Silva, R. P. da, Rocha, R. M. e Tribuzy, E. S. (2004): Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. Manaus, Floresta, Curitiba, 34, (3): 295-304.

Instituto Nacional de Estatística (INE) (1997): Projeções da população por distrito, 1997- 2010, Região Centro, Moçambique

INIA (1995): Legenda da Carta Nacional de Solos; Série Terra e Água, comunicação nº 73; Maputo, Moçambique.

IPCC (2003): Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, ISBN 4-88788-003-0. capítulo 3: 68 p.

Jalkanen A., Makipaa R., Stahl G., Lehtonen A. e Petersson H. (2005): Estimation of biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. Ann For Sci, 62: 845–851.

Kauppi, P.E., Mielikainen, K. e Kuusela, K. (1992): Biomass and carbon budget of European forests, 1971–1990. Science 256:70–74.

Karjalainen, T. e Kellomaki, S. (1996): Greenhouse gas inventory for land use changes and forestry in Finland based on international guidelines. Mitigation Adapt. Strategies Global Climate 1: 51–71.

Keller, M., Palace, M. e Hurtt, G. (2001): Biomass estimation in the Tapajós National Forest, Brazil. Examination of sampling and allometric uncertainties. Forest Ecology and Management, Amsterdam, 154, (3): 371-382.

Loetsch, F., Zohrer F. e Haller K. E. (1983): Forest inventory. BLV Verlagsgesellschaft. Munchen. 469 p.

Marzoli, A. (2007): Inventário florestal nacional. DNTF. Coperazione Italiana. Maputo. Moçambique. 86 pp.

Mello, F. G. (1997): Probabilidades e estatística, conceitos fundamentais II. 2ª Edição, v. 1. Escolar editora. Portugal. 686 p.

Netto, S. P. e Brena, D. A. (1997): Inventário florestal. Brasil. 316 p.

Parresol, B. R. (1999): Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. For. Sci. 45 (4): 573 – 593.

Reichle DE (1982): Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge University Press, London. 237 p.

Rosenbaum, K.L., Schoene, D. e Mekouar, A. (2004): Climate Change and the forest sector. Possible national and subnational legislation. FAO Forestry Paper, vol. 144, 73 p.

Rostand R. (2006): Biomassa – A energia do ciclo de vida, Brasil. 1-3 pp.

Satoo, T. e Madgwick, H.A.I. (1982): Forest biomass. Forestry Sciences. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher, The Hague. 234 p.

Sedjo, R.A. (1992): Temperate forest ecosystems in the global cycle. Ambio, 21: 274–277.

Segura, M. e Kanninen, M. (2005): Allometric Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in a Tropical Humid Forest in Costa Rica. Biotropica 37(1): 2–8.

Silvestre, A. L. (2007): Análise de dados e estatística descritiva. v. 1. Escolar editora – Lisboa. Portugal. 352 p.

Sitoe A., e Tchaúque F. (2007): Medição da biomassa florestal em Moçambique. Maputo. Moçambique. 45 p.

Sitoe A., Guedes B., Argola J., Puna, N., Michonga, E. e Monteiro, J. (2001): Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Bárúe em Manica, DEF,UEM. Maputo. Moçambique. 15 p.

Somogyi, Z., Cienciala, E., Makipaa, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A. e Weiss, P. (2006): Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. Eur J Forest Res,126: 197–207.

Tchaúque F. D. D. L. J. (2004): Avaliação da Biomassa Lenhosa Aérea no Corredor da Beira, Maputo, Moçambique. 49 p.

Triola, M. F. (1999): Introdução a estatística. Sétima edição. LTC editora. Brasil. 410 p.

West, G.B., Brown, J.H., Enquist, B.J. (2001): A general model for ontogenetic growth. Nature 413: 628–631.

Wirth C, Schumacher J, Schulze E-D. (2004) Generic biomass functions for Norway spruce in central Europea meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. Tree Physiol, 24: 121–139.

ANEXOS

ANEXO 1: Conteúdo de humidade para cada componente em cada tipo de vegetação para o cálculo do peso seco:

Tipo de formação	Conteúdo de humidade (%)	
	Troncos	Ramos
Formação herbácea arborizada	42,75	55,51
Matagal	34,98	39,99
Floresta de baixa altitude fechada	48,76	60,22
Moita	52,30	67,83
Floresta de baixa altitude aberta	37,45	50,38

ANEXO 2: Representação do peso verde e seco para cada componente e peso seco total:

Dap (cm)	Peso verde(kg)		Peso Seco(kg)		Peso Seco Total (kg)
	Tronco	Ramos	Tronco	Ramos	
12.9	98	106	23.3315	17.3511	40.6826
13	66	50	23.3315	22.4675	45.7990
13	117	100	41.9092	4.7409	46.6500
14	25	103	18.7653	29.4054	48.1707
14	40	66	25.0204	29.3634	54.3838
14	53	70	30.6500	23.8190	54.4690
14	95	58	15.6378	45.8247	61.4625
14.5	92	154.4	35.6541	27.5838	63.2379
15	80	163	41.2837	30.0055	71.2892
16	98	116	60.6745	12.0123	72.6868
16	105	130	39.4071	33.3675	72.7746
16	50	132	33.1520	42.0077	75.1597
16	130	70	38.7816	37.3716	76.1532
16	80	94	57.5469	26.7964	84.3433
16	40	212	46.2877	40.1946	86.4824
16	109	119	47.5388	44.4900	92.0288
16	110	106	59.4235	34.8064	94.2298
16	109	93	26.8969	69.8493	96.7462
17	83	186	21.2673	84.3591	105.6264
17	77	128	50.0408	56.4103	106.4511
17	97	27	31.2755	79.2145	110.4900
17	82	149	61.3000	52.6004	113.9004
17	104	83	68.1806	46.1494	114.3300
17	43	157	65.0530	49.8091	114.8622
17	80	234	68.8061	46.2085	115.0146
17	74	81	56.2959	58.8108	115.1067
17.8	37.3	39	73.1847	44.4900	117.6747
18	62	84	25.0204	94.3188	119.3392
18	125	120	68.1806	52.9431	121.1237
18	100	136	81.3163	42.0077	123.3240
18	118	149	48.1643	76.8141	124.9784
18	34	170	57.5469	68.6926	126.2395
18	145	116	61.3000	69.6128	130.9127
18	210	340	48.1643	82.8152	130.9795
18.1	57	62	78.1888	53.3880	131.5768
19	37.3	50.5	68.8061	63.6117	132.4178
19	90	98	73.3098	60.0438	133.3536
19	106	228	46.9133	93.4290	140.3423
19	110	77	68.8061	71.6289	140.4350
19	67	7.9	51.2918	89.4164	140.7082
19.4	49	48	58.7979	84.0861	142.8840
19.5	92	54	65.6786	78.0143	143.6929
19.5	126	309	62.5510	81.6150	144.1660
19.7	76	100	50.0408	97.8179	147.8587
20	108	276	103.8347	44.0451	147.8798

20	110	161	90.6990	57.5627	148.2616
21	166	99	73.8102	89.4164	163.2266
21	75	210	76.3122	87.1160	163.4282
21	77	138	51.9173	111.6205	163.5378
21.4	122	192	76.3122	95.2762	171.5884
22	230	161	83.8183	90.3139	174.1322
22	165	330	50.0408	140.4257	190.4665
22	163	212	45.0367	153.3351	198.3718
22	94	189	91.3245	108.6744	199.9988
22.3	4.3	307	66.3041	136.8251	203.1291
23	72	309	67.5551	136.9595	204.5146
23	302	199	101.9581	105.2008	207.1589
23	134	182	56.9214	152.7396	209.6610
23	150	212	41.9092	171.1994	213.1085
23	67	345	126.3530	91.3063	217.6593
24	202	184	93.8265	127.2233	221.0498
24	210	328	83.8809	141.8917	225.7726
24.8	117.2	121	141.9908	84.3591	226.3499
25	164	303	78.8143	153.3351	232.1493
25	277	348	143.8673	96.6177	240.4850
25	225	386	68.8061	177.1541	245.9602
25	208	349	103.2092	146.8170	250.0262
25	397	129	98.2051	154.2283	252.4333
26	185	537	102.5836	150.3577	252.9413
26	160	279.3	125.1020	136.8251	261.9271
26	234	577	100.0816	167.6107	267.6923
26	30	49	176.3938	99.2460	275.6398
26.1	192	399	131.3571	145.9272	277.2843
26.4	134.1	356.7	188.9040	98.7498	287.6538
27	153	468	120.0979	177.5151	297.6130
27	436	418	127.6040	170.3967	298.0007
27	383	436	131.3571	168.7182	300.0753
27.5	340	317	130.1061	173.1843	303.2904
28	200	228	248.3275	64.0137	312.3411
28	196	468	176.3938	141.2950	317.6888
28	387	155	173.2663	154.8252	328.0915
28.6	284	345.2	140.7398	191.5448	332.2845
29	356.3	592	242.0724	93.0171	335.0894
30	508	351	204.5418	142.8262	347.3680
30	327	238	212.6734	157.3049	369.9783
30	280	620	95.7030	280.8515	376.5545
30	282	200	115.7194	266.4755	382.1949
30	351	369	202.6652	198.5768	401.2420
31	110	357	219.5540	183.1089	402.6629
31	274	480	122.6000	280.8515	403.4514
31.8	91	307.8	118.8469	288.3096	407.1565
32	146	219	171.3897	238.1904	409.5801
32	190	581	246.0756	169.2144	415.2901
32	204	383	146.3693	286.3247	432.6941
32	227	170	272.7224	207.4241	480.1465

33	364	477	317.7591	174.1767	491.9358
33.6	391	848	239.5703	261.6480	501.2183
33.7	324	499.2	377.8080	133.4859	511.2939
34	430	681	227.6856	286.2525	513.9381
34	436	841	222.8692	293.7682	516.6374
35	452	687	268.9693	337.9326	606.9019
35	393.4	341	282.7305	340.9100	623.6405
36	604	269	244.5744	420.8030	665.3775
37	157	257	272.7224	417.3294	690.0518
39	757	859	447.8652	361.2554	809.1206
39	716	728	473.5111	426.2616	899.7726
48.5	758	1666	474.1366	826.7192	1300.8558
49	569	2369.1	514.1692	923.4840	1437.6533
52	822	1861	355.9152	1175.6185	1531.5337

ANEXO 3: Lista de algumas espécies do CB usadas para a determinação da densidade da madeira no CB, tendo em conta as suas respectivas abundâncias:

Espécie	Densidade da madeira (Ton/m3)	Abundância (%)	Dens* Ab	Determinação da densidade média do CB.
<i>Amblygonocarpus andongensis</i>	0.879	1.6941	1.4891	0.0183
<i>Brachystegia boehmi</i>	0.592	17.9412	10.6212	0.1305
<i>Brachystegia spiciformis</i>	0.588	14.7159	8.6529	0.1063
<i>Burkea africana</i>	0.761	4.2353	3.2231	0.0396
<i>Combretum imberbe</i>	1.053	1.8353	1.9326	0.0238
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	1.152	0.8941	1.0300	0.0127
<i>Erythrophleum suaveolens</i>	0.84	1.4706	1.2353	0.0152
<i>Julbernardia globiflora</i>	0.707	22.0588	15.5956	0.1917
<i>Lannea discolor</i>	0.413	3.8235	1.5791	0.0194
<i>Millettia stuhlmannii</i>	0.714	2.1765	1.5540	0.0191
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	0.75	4.1176	3.0882	0.0380
<i>Pterocarpus angolensis</i>	0.558	3.8235	2.1335	0.0262
<i>Swartzia madagascariensis</i>	0.95	1.8824	1.7882	0.0220
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	0.509	0.6941	0.3533	0.0043
TOTAL		81.3629	54.2762	0.6671

ANEXO 4: Representação do comprimento do tronco, volume do tronco, BEF individuais, biomassa calculado a partir do BEF e densidade 0.67 Ton/m^3 e biomassa calculado a partir da equação de regressão obtida por Tchaúque (2004):

Dap (cm)	Comprimento do tronco (cm)	Volume do tronco (m^3)	% dos ramos	BEF	Biomassa (BEF) (Kg)	Biomassa (regressão) (Kg)
12.9	480	0.0502	42.6499	1.7437	78.8273	54.5934
13	460	0.0488	49.0567	1.9630	76.7186	55.7985
13	410	0.0435	10.1626	1.1131	68.3796	55.7985
14	500	0.0615	61.0442	2.5670	96.7124	68.2425
14	160	0.0197	53.9929	2.1736	30.9480	68.2425
14	330	0.0406	43.7295	1.7771	63.8302	68.2425
14	340	0.0418	74.5572	3.9304	65.7644	68.2425
14.5	330	0.0436	43.6191	1.7737	68.4709	74.7319
15	320	0.0452	42.0898	1.7268	71.0540	81.3996
16	700	0.1125	16.5261	1.1980	176.8454	95.2698
16	1000	0.1608	45.8505	1.8467	252.6363	95.2698
16	350	0.0563	55.8912	2.2671	88.4227	95.2698
16	500	0.0804	49.0742	1.9636	126.3182	95.2698
16	400	0.0643	31.7706	1.4656	101.0545	95.2698
16	430	0.0691	46.4773	1.8684	108.6336	95.2698
16	690	0.1109	48.3436	1.9359	174.3191	95.2698
16	170	0.0273	36.9378	1.5857	42.9482	95.2698
16	160	0.0257	72.1985	3.5969	40.4218	95.2698
17	120	0.0218	79.8655	4.9666	34.2243	109.8531
17	340	0.0617	52.9918	2.1273	96.9689	109.8531
17	370	0.0672	71.6938	3.5328	105.5250	109.8531
17	220	0.0399	46.1810	1.8581	62.7446	109.8531
17	280	0.0508	40.3651	1.6769	79.8568	109.8531
17	860	0.1561	43.3643	1.7657	245.2744	109.8531
17	160	0.0290	40.1762	1.6716	45.6324	109.8531
17	160	0.0290	51.0924	2.0447	45.6324	109.8531
17.8	250	0.0497	37.8076	1.6079	78.1692	122.0333
18	620	0.1262	79.0342	4.7697	198.2406	125.1497
18	280	0.0570	43.7099	1.7765	89.5280	125.1497
18	350	0.0712	34.0629	1.5166	111.9100	125.1497
18	745	0.1516	61.4619	2.5948	238.2084	125.1497
18	170	0.0346	54.4145	2.1937	54.3563	125.1497
18	290	0.0590	53.1749	2.1356	92.7254	125.1497
18	240	0.0488	63.2276	2.7194	76.7383	125.1497
18.1	290	0.0597	40.5756	1.6828	93.7586	126.7185
19	345	0.0782	48.0386	1.9245	122.9086	141.1593
19	350	0.0793	45.0260	1.8190	124.6899	141.1593
19	200	0.0453	66.5723	2.9915	71.2513	141.1593
19	420	0.0952	51.0050	2.0410	149.6278	141.1593
19	360	0.0816	63.5474	2.7433	128.2524	141.1593
19.4	860	0.2033	58.8492	2.4301	319.4168	147.7628
19.5	270	0.0645	54.2924	2.1878	101.3185	149.4315
19.5	600	0.1433	56.6118	2.3048	225.1523	149.4315

19.7	310	0.0756	66.1563	2.9548	118.7271	152.7904
20	210	0.0528	29.7844	1.4242	82.8963	157.8821
20	170	0.0427	38.8251	1.6347	67.1065	157.8821
21	150	0.0415	54.7805	2.2114	65.2808	175.3180
21	380	0.1052	53.3054	2.1416	165.3781	175.3180
21	140	0.0388	68.2536	3.1500	60.9288	175.3180
21.4	390	0.1122	55.5260	2.2485	176.2577	182.4921
22	760	0.2310	51.8651	2.0775	363.0069	193.4671
22	470	0.1429	73.7272	3.8062	224.4911	193.4671
22	330	0.1003	77.2968	4.4047	157.6214	193.4671
22	150	0.0456	54.3375	2.1900	71.6461	193.4671
22.3	130	0.0406	67.3587	3.0636	63.7983	199.0508
23	530	0.1761	66.9681	3.0274	276.6861	212.3293
23	320	0.1063	50.7826	2.0318	167.0558	212.3293
23	250	0.0831	72.8507	3.6833	130.5123	212.3293
23	185	0.0615	80.3344	5.0850	96.5791	212.3293
23	140	0.0465	41.9492	1.7226	73.0869	212.3293
24	600	0.2170	57.5541	2.3559	341.0591	231.9046
24	360	0.1302	62.8472	2.6916	204.6354	231.9046
24.8	300	0.1159	37.2693	1.5941	182.0876	248.0784
25	860	0.3376	66.0502	2.9455	530.4376	252.1931
25	320	0.1256	40.1762	1.6716	197.3721	252.1931
25	460	0.1806	72.0255	3.5747	283.7225	252.1931
25	390	0.1531	58.7207	2.4225	240.5473	252.1931
25	400	0.1570	61.0966	2.5705	246.7152	252.1931
26	480	0.2038	59.4437	2.4657	320.2166	273.1947
26	330	0.1401	52.2379	2.0937	220.1489	273.1947
26	400	0.1698	62.6132	2.6747	266.8471	273.1947
26	190	0.0807	36.0057	1.5626	126.7524	273.1947
26.1	360	0.1540	52.6273	2.1109	242.0134	275.3341
26.4	290	0.1269	34.3294	1.5228	199.4627	281.7951
27	450	0.2060	59.6463	2.4781	323.7397	294.9095
27	500	0.2289	57.1800	2.3354	359.7107	294.9095
27	160	0.0732	56.2253	2.2844	115.1074	294.9095
27.5	625	0.2968	57.1018	2.3311	466.4459	306.0343
28	700	0.3446	20.4948	1.2578	541.5892	317.3374
28	410	0.2019	44.4759	1.8010	317.2165	317.3374
28	140	0.0689	47.1896	1.8936	108.3178	317.3374
28.6	510	0.2620	57.6448	2.3610	411.6784	331.1364
29	360	0.1901	27.7589	1.3843	298.7820	340.4784
30	830	0.4691	41.1167	1.6983	737.1850	364.3326
30	610	0.3448	42.5173	1.7397	541.7865	364.3326
30	730	0.4126	74.5845	3.9346	648.3675	364.3326
30	590	0.3335	69.7224	3.3028	524.0230	364.3326
30	440	0.2487	49.4905	1.9798	390.7968	364.3326
31	380	0.2293	45.4745	1.8340	360.3818	388.8999
31	135	0.0815	69.6122	3.2908	128.0304	388.8999
31.8	170	0.1080	70.8105	3.4259	169.6520	409.0673
32	280	0.1801	58.1548	2.3898	282.9527	414.1804
32	320	0.2058	40.7461	1.6877	323.3745	414.1804

32	330	0.2122	66.1726	2.9562	333.4800	414.1804
32	130	0.0836	43.2002	1.7606	131.3709	414.1804
33	600	0.4103	35.4064	1.5481	644.8148	440.1740
33.6	440	0.3120	52.2024	2.0922	490.2156	456.1125
33.7	470	0.3352	26.1075	1.3533	526.7609	458.7939
34	470	0.3412	55.6978	2.2572	536.1812	466.8808
34	370	0.2686	56.8616	2.3181	422.1001	466.8808
35	1060	0.8155	55.6816	2.2564	1281.4387	494.3006
35	510	0.3923	54.6645	2.2058	616.5412	494.3006
36	690	0.5616	63.2428	2.7206	882.4903	522.4337
37	180	0.1548	60.4780	2.5302	243.1822	551.2798
39	770	0.7355	44.6479	1.8066	1155.7817	611.1116
39	600	0.5731	47.3744	1.9002	900.6091	611.1116
48.5	530	0.7829	63.5519	2.7436	1230.3119	934.2677
49	210	0.3166	64.2355	2.7961	497.5850	953.0587
52	430	0.7302	76.7609	4.3031	1147.4427	1069.5491

ANEXO 5: Representação do volume total, volume médio, cálculo de BEF usando equação de Brown e biomassa média calculada por Tchauque (2004) a partir da equação de regressão, para cada tipo de formação vegetal; e análise de variância da biomassa para diferentes BEF's :

Tipo de formação	Volume total (m3)	Volume médio (m3/ha)	BEF (Brown)	Biomassa média (regressão) (Ton/ha)
Floresta de baixa altitude	11.8595	37.0608	4.8924	64.19
Floresta sempre verde	0.8816	11.0196	9.0377	26.34
Matagal	4.7863	14.9573	7.7432	28.87
Formação herbácea arbustiva	1.8721	7.8005	10.7642	19.96

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F cal	F crit	P
Biomassa para Diferentes BEF's	1	6368.481	6368.481	11.1189	5.9874	0.05
Resíduo	6	3436.571	572.7619			
Total	7	9805.052				

ANEXO 6: Representação da média, desvio padrão e os limites inferior e superior:

Métodos de Medição	N ^o de observações	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Limite Inferior (95%)	Limite Superior (95%)
Biomassa (BEF)	109	264.00	261.47	25.04	214.37	313.65
Biomassa (regressão)	109	251.87	183.91	17.62	216.95	286.78
Peso medido	109	273.13	258.28	24.74	224.09	322.16