

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO

VALDEMIR ALEIXO

RELAÇÕES ALOMÉTRICAS EM
***Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
JULHO/2006

VALDEMIR ALEIXO

RELAÇÕES ALOMÉTRICAS EM
***Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

ORIENTADOR: PROF. DR. UBIRAJARA
CONTRO MALAVASI

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
JULHO/2006

La forêt precede lés peuples et le désert les suit.

(A floresta antecede os povos e o deserto os segue.)

FRANÇOIS CHATEAUBRIAND (1768-1848)

À minha noiva, Juliana Ester Lunkes, ao meu pai, Raimundo Aleixo (*in memoriam*) e à minha mãe, Francisca Moreno Aleixo, com todo o meu amor, carinho e gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que ilumina, conduz e é amparo em todos os momentos da minha vida;

Ao Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi pela orientação, pela atenção prestada e por toda a confiança depositada em mim na realização desta pesquisa;

À Agrícola Horizonte de Marechal Cândido Rondon, na pessoa do Sr. Osvino Ricardi, por permitir a realização do experimento e o abate das leucenas em seu bosque particular, e ao Sr. José Carlos Schirmer por todo o apoio;

Aos meus sobrinhos, Orestes de Oliveira, Anderson Luis Rohde e Matheus Roger Godoy Aleixo pela ajuda fundamental, preocupação e cuidados com o experimento, durante o trabalho a campo e no laboratório;

Ao Msc. Mauro da Silva Crepalli e ao Prof. Dr. Eurides Küster Macedo Júnior, por toda a ajuda prestada nas análises estatísticas;

À Srta. Noili Batschke pela atenção e paciência, ao Sr. Olivo Dalla Costa pelos momentos de bate-papo nos corredores da universidade e a Sra. Neusa Francisca Michelin Herzog, pela ajuda prestada no laboratório de sementes e silvicultura;

Aos Professores do Curso de Pós Graduação em Agronomia – Mestrado da Unioeste;

Aos Professores que participaram da banca de argüição, Dr. Natalino Calegário, Dra. Marlene de Matos Malavasi, Dr. Eurides Küster Macedo Júnior e Dr. Ubirajara Contro Malavasi;

À minha sogra, Sra. Dulce Lunkes e ao meu sogro, Sr. Adelino Odilo Lunkes, pela colaboração e auxílio nas correções ortográficas;

Aos camaradas, Luciano Pietrobelli e Marcelo Greco, pelo auxílio na área de informática;

Aos meus incontáveis amigos, familiares, e, em especial a minha “GRANDE FAMÍLIA”;

Aos que conhecem o que penso, e aos que conhecem apenas o que faço;

Aos que passam o dia todo comigo e aos que estão todo o tempo em mim;

Este trabalho é a soma de todos vocês.

RESUMO

Atualmente, a preocupação com as emissões do dióxido de carbono (CO₂) e o seu elevado nível de concentração na atmosfera tem impulsionado muitos estudos nas mais diversas áreas do conhecimento, com o intuito de barrar ou diminuir esse, que se torna, cada vez mais, um grande problema para a sociedade moderna. É de conhecimento que o CO₂ contribui com o efeito estufa e, sem ele, não seria possível o desenvolvimento da vida na terra como a conhecemos hoje. Mas, a concentração dos gases efeito estufa chegou a níveis elevados e sua consequência certamente será desastrosa. O efeito estufa causa o aquecimento global do planeta terra e, em consequência disso, o descongelamento de geleiras, a desregulação climática, entre outros fatores que influenciam diretamente na evolução natural dos ecossistemas. Essa problemática é tema de discussão de toda comunidade científica e se intensificou a partir de 1997 com o estabelecimento do Protocolo de Kyoto (atualmente Tratado de Kyoto), que contempla em suas premissas o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) que visa favorecer a quem estiver cultivando espécies florestais. Este propósito trouxe grande expectativa para muitos pesquisadores, que direcionaram seus trabalhos a fim de construir modelos e sistemas para quantificação de biomassa e determinação do carbono fixado em espécies florestais. Este ensaio foi desenvolvido no Município de Marechal Cândido Rondon – PR, com o objetivo de ajustar equações que permitam estimar a biomassa aérea e subterrânea (biomassa total) para *Leucaena Leucocephala* (Lam.) De Wit em diferentes tamanhos. A *L. leucocephala* é uma leguminosa perene, originária da América Central e foi dispersada para outras partes do mundo devido ao seu rápido crescimento, boa adaptação e grande diversidade na utilização. Por ser uma espécie exótica e invasora, atualmente a *L. leucocephala* vem dominando os ecossistemas, o que pode ser considerado um grande problema do ponto de vista biológico. Não foi encontrado na literatura informações sobre a quantificação de biomassa *L. leucocephala*, além de suas utilidades, principalmente como suplementação protéica na alimentação de animais. A fim de contribuir com informações sobre a biometria para *L. leucocephala*, o trabalho foi realizado por método direto (destrutivo), com posterior análise dos dados e ajuste de equações simples que tornaram possível estimar a biomassa em diferentes componentes e tamanhos. Para estimar a potencialidade da *L. leucocephala* na fixação do carbono, foi utilizado o fator de conversão 0,5, ou seja, 50% da biomassa é composta por carbono. Do total da biomassa e do carbono para *L. leucocephala* em diferentes tamanhos, 24% corresponde à porção da raiz, e 76% corresponde à porção aérea. De forma geral a biomassa total apresentou a seguinte distribuição: fuste > galhos > raízes > folhas.

Palavras-Chave: *Leucaena leucocephala*, relações alométricas, quantificação de biomassa, fixação de carbono.

ABSTRACT

Concern with increase carbon dioxide emissions has fostered several studies throughout scientific knowledge. The greenhouse effect is recognized as necessary for Earth surface colonization. However, modern day carbon dioxide and other greenhouse effect gases are blamed for atmosphere warming and its catastrophic effects. Both the Kyoto treat and the policy of Mechanism of Clean Development have instigated new approaches to reward actions that result in carbon sequestration. The objective of this study was to calculate simple allometric equations in order to estimate above and below ground dry biomass from *Leucaena leucocephala* individuals of various sizes from the Marechal Candido Rondon county. The results indicated that the decreasing order of leucaena biomass are stem > branches > roots > leaves. Independently of individual size, 24 % of total dry biomass sampled in this study was located below ground and 76 % above ground. Log transformed linear equations using CBH (circumference at breast height) as independent variable was statistically significant ($P < 0.05$) to estimate leucaena total dry biomass.

Key-Words: *Leucaena leucocephala*, allometric relationships, biomass quantification, carbon sequestration.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Distribuição das principais áreas florestais no mundo em 1997. Superfície total = 3.454 milhões ha, sendo: países desenvolvidos: 1.493 milhões ha e países em desenvolvimento: 1961 milhões ha (Fonte: Leão, 2000) .22
- Figura 2 Local da realização do ensaio, Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006. Área Administrativa/Industrial: G (guarita), B (balança), AA (área administrativa) e AI (área industrial); Área experimental: p1...p15 (parcelas), G1...G3 (grupos) e b (bordadura).....26
- Figura 3 Indivíduo com 11 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 1, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 200628
- Figura 4 Indivíduo com 25 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 2, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 200628
- Figura 5 Indivíduo com 32 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 3, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 200629
- Figura 6 Escavação para retirada da raiz e estimativa da biomassa subterrânea na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.....31
- Figura 7 Área da escavação para retirada da raiz na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.....32
- Figura 8 Acondicionamento dos galhos em balança de prato (± 50 g) para pesagem, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 200634
- Figura 9 Pesagem dos galhos, para obtenção da biomassa úmida total na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 200634
- Figura 10 Separação das folhas dos galhos para estimativa da biomassa das folhas na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.....35
- Figura 11 Preparação para pesagem das folhas para estimativa da biomassa das folhas na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.....36

- Figura 12 Amostras de biomassa úmida de todos os componentes vegetais de um indivíduo abatido, levadas ao laboratório secagem na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....38
- Figura 13 Pesagem das amostras secas em balança digital ($\pm 0,1$ g), para avaliação do peso constante na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....38
- Figura 14 Amostras em estufa de ventilação forçada a 65 °C para obtenção da biomassa seca na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....39
- Figura 15 Caracterização da densidade populacional de 11 indivíduos/m² na área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006.....43
- Figura 16 Caracterização da densidade populacional de 01 indivíduos/m² na área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006.....43
- Figura 17 Distribuição média da biomassa seca total (BT) nos componentes parte aérea e parte subterrânea, para *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....50
- Figura 18 Distribuição média da biomassa seca aérea (BA) no componente parte aérea (folhas, galhos e fuste) para *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....50
- Figura 19 Distribuição média da quantidade de carbono alocado nos diferentes componentes vegetais (raízes, fuste, folhas e galhos) em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....53
- Figura 20 Média percentual de carbono alocado em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, por grupos (G1, G2 e G3) e componentes (raízes, fuste, galhos e folhas), em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.....55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Amostra de indivíduos por parcela (p1.....15) com os respectivos grupos (G1, G2 e G3) para estimativa da densidade populacional da área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006..... 42
- Tabela 2 Matriz de Correlação entre as variáveis: HT (altura total), HTF (altura total do fuste), CAP (circunferência a altura do peito), BF (biomassa fuste), BG (biomassa galhos), BFL (biomassa folhas), BRS (biomassa radicular ou subterrânea), BA (biomassa aérea) e BT (biomassa total).... 45
- Tabela 3 Valores obtidos por variáveis e os respectivos valores (máximo, mínimo e média) para os grupos G1, G2 e G3: (HT = altura total; HTF = altura total do fuste; CAP = circunferência à altura do peito; BF = biomassa fuste; BG = biomassa galhos; BFL = biomassa folhas; BRS = biomassa raízes ou subterrâneas; BA = biomassa aérea; e BT = biomassa total), na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006..... 46
- Tabela 4 Teste de ajuste de equações para a escolha do melhor modelo. (BT = biomassa total (g), BRS = biomassa das raízes ou subterrânea (g), HT = altura total (m), HTF = altura total do fuste (m), CAP = circunferência à altura do peito (cm), $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação, ln = logaritmo neperiano e \sqrt{QME} = Raiz do quadrado médio do erro)..... 48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	14
2.2 QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA	17
2.3 PADRÕES ALOMÉTRICOS	19
2.4 ESTIMATIVA DE CARBONO	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	24
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	27
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	27
3.4 COLETA DE AMOSTRAS	30
3.4.1 Biomassa Subterrânea	30
3.4.2 Biomassa Aérea	32
3.4.3 Biomassa do Fuste	33
3.4.4 Biomassa dos Galhos	33
3.4.5 Biomassa das Folhas	35
3.4.6 Descarte dos galhos mortos, das sementes e das inflorescências	36
3.4.7 Determinação da biomassa seca para todos os componentes	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 DADOS E RESULTADOS DE APOIO	40
4.1.1 Densidade Populacional	40
4.2 ANÁLISE DOS DADOS	44
4.3 AJUSTE DE EQUAÇÕES PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA TOTAL E DA BIOMASSA DAS RAÍZES OU SUBTERRÂNEA	47
4.4 CONVERSÃO DA BIOMASSA VEGETAL SECA EM CARBONO	51
5 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

Originária da América Central, a *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit, popularmente conhecida como leucena, é uma leguminosa perene, de crescimento rápido, amplamente utilizada como adubação verde em solos pobres do cerrado (GUIA RURAL ABRIL, 1986).

A leucena foi dispersada para outras partes do mundo devido a sua versatilidade de utilização podendo ser empregada para forragem, produção de madeira, carvão vegetal e melhoramento do solo (EMBRAPA, 2006). Para Lima e Evangelista (2006), devido a essa grande diversidade na sua utilização, a leucena tem recebido atenção de pesquisadores como sendo uma opção para o plantio nos trópicos, pois nessas regiões apresenta produtividade máxima.

As proteínas e vitaminas contidas nas folhas fazem da leucena uma ótima opção para alimentação de não-ruminantes e ruminantes e, em especial, para o bovino, por ser altamente palatável. Entretanto, conforme Embrapa (2006), Lima e Evangelista (2006) e Longo (2002), a utilização da leucena como alimentação animal deve, preferencialmente, ser realizada como suplemento protéico em mistura com outros alimentos, para evitar efeitos tóxicos.

São muitas as variedades de leucenas, das quais, as mais conhecidas são a salvadorenha, a peruana e a havaiana. São plantas de clima tropical, não suportam geadas severas e apresentam baixo incremento nessas temperaturas.

Atualmente, tem-se discutido muito sobre a rápida dispersão das leucenas. Por ser uma espécie introduzida, certamente vem interferir nos ecossistemas e florestas naturais, impedindo o recrutamento de novas espécies e alterando o processo de sucessão vegetal na área (SIQUEIRA, 2002). No entanto, se for considerado o rápido crescimento, a espécie pode auxiliar em restaurações de áreas degradadas, controle de erosão, na melhoria da fertilidade do solo e na fixação do gás carbônico atmosférico.

No período da ampla divulgação e dispersão de leucenas pelo mundo, foram realizados muitos trabalhos direcionados à sua utilização. No entanto, atualmente, a atenção está voltada para outros vegetais com maior interesse econômico como é o caso do eucalipto, do pinus e da acácia-negra, entre outros.

A justificativa para a realização deste ensaio, refere-se especialmente às dificuldades para determinar a biomassa existente no vegetal, principalmente quando relacionado com a quantificação da biomassa subterrânea, face aos esforços necessários para a obtenção daqueles valores. A referência acima acentua-se pelo pequeno número de artigos científicos sobre esse tema com leucena.

O estudo sobre a biometria de *L. leucocephala* e o ajuste de equações para avaliar suas relações alométricas objetiva estimar a biomassa total, a biomassa aérea e a biomassa subterrânea, apenas com a mensuração de variáveis simples como é o caso da altura total, da circunferência à altura do peito ou da altura do fuste, permitindo o prosseguimento de estudos ou a comparação entre espécies vegetais.

Conforme Balteiro e Romero (2003) e Nishi (2003), a quantificação de biomassa segue em paralelo com a estimativa de carbono fixado nos vegetais, devido a grande preocupação ambiental sobre o acúmulo do dióxido de carbono

(CO₂) na atmosfera e as possibilidades de retorno econômico que, de acordo com o Protocolo de Kyoto (atualmente Tratado de Kyoto) e o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), podem favorecer a quem estiver cultivando espécies florestais.

Este ensaio favorece a comparação da biomassa e do carbono em leucenas e em outros vegetais, como, por exemplo, o de Soares e Oliveira (2002), que ajustaram equações para quantificar carbono nos componentes aéreos em árvores de eucalipto.

Estudos realizados com outras espécies, como o caso da quantificação de biomassa de *Acácia mearnsii* De Wild (Acácia-negra) de Barichello *et al.* (2005), apontou que mais de 60% da biomassa total está contida na madeira e que a biomassa abaixo do solo pode chegar a 12% da biomassa total.

Diante das afirmativas de vários autores e pesquisadores, confirma-se a necessidade de estudos que complementem o entendimento e a abordagem sobre espécies florestais, principalmente as invasoras.

O objetivo do presente trabalho é o estabelecimento das relações alométricas entre os componentes da *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit e a estimativa da quantidade de carbono alocado nos diferentes componentes da leucena em função do tamanho do organismo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit

A *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit é uma leguminosa perene de rápido crescimento, pertencente à Família *Mimosaceae* (EMBRAPA, 2006; GUIA RURAL ABRIL, 1986). Originária da América Central, ocorre naturalmente no Hawaii, Guatemala, Honduras, El Salvador e México, entre as latitudes de 10º e 30º ao Norte e longitudes 80º e 110º ao Leste. A *L. leucocephala* foi disseminada nas regiões de baixada do litoral do Pacífico e Costa do Caribe pelos índios pré-colombianos (CARVALHO e MAEDA, 1997).

Devido a versatilidade de utilização, a leucena foi dispersada para outras partes do mundo. A utilização de leguminosas arbustivas ou arbóreas em áreas isoladas (bancos de proteína ou legumineira) ou em consórcio com gramíneas mostra-se viável no manejo, tornando-se uma das alternativas mais viáveis economicamente para suplementação protéica (LIMA e EVANGELISTA, 2006), pelo fato de se manter verde mesmo durante a maior parte da época da seca, devido ao sistema radicular profundo (EMBRAPA, 2006; LIMA e EVANGELISTA, 2006).

Dado ao seu múltiplo uso como a habilidade de crescer em solos de baixa fertilidade, a rápida dispersão, o ciclo longo, o alto valor alimentício e a excelente aceitabilidade pelos animais, o cultivo de *L. leucocephala* hoje estende - se quase que totalmente às regiões tropicais de todo o mundo, destacando-se, além das

áreas de ocorrências naturais o Brasil, a Austrália, a Índia, os Estados Unidos, as Filipinas, Taiwan e outros (CARVALHO e MAEDA, 1997).

Conforme Lima e Evangelista (2006) atualmente estão identificadas mais de 100 variedades de leucenas. As mais conhecidas são o tipo Havaiano, o tipo Salvador e o tipo Peru.

Este trabalho está direcionado ao tipo Salvador que apresenta plantas altas, com até 20 m de altura, folhas grandes e troncos grossos. Geralmente, produz mais do dobro de biomassa que o tipo havaiano. São plantas utilizadas principalmente para a produção de madeira e carvão vegetal, comumente designadas pelo nome de “Havaí gigante” ou K8, K28 ou K67. Esta variedade enquadra-se bem para o uso em sistemas silvopastoris, em que as árvores nas pastagens geram sombra para os animais, incorporam nitrogênio no sistema e permitem a extração de madeira (EMBRAPA, 2006).

As principais abordagens e pesquisas sobre leucenas foram realizadas quando da sua introdução e dispersão, considerando principalmente os aspectos benéficos, tais como alimentação de animais e produção de carvão vegetal.

A leucena pode ser usada para alimentação de não-ruminantes e ruminantes por ser altamente palatável. As folhas, talos jovens, flores e vagens são excelentes fontes de minerais e proteínas. O teor de proteína bruta na fração folhas e vagens situa-se entre 21% e 23% e, nas hastes finas, varia de 8% a 10%. Alguns autores (EMBRAPA, 2006; LIMA e EVANGELISTA, 2006) alertam que a introdução de leucena na dieta animal deve ser feita de forma lenta e cautelosa, a fim de não apresentar efeito adverso à saúde dos animais. Este procedimento deve-se ao fato da leucena conter toxina mimosina (aminoácido) que pode se manifestar em

disfunções metabólicas como perda de pêlos, salivação e perda de peso (LIMA e EVANGELISTA, 2006).

Atualmente, os estudos centralizam-se nas suas inconveniências (por ser uma espécie invasora). Bechara (2003) afirmou que estas espécies invasoras vegetais tendem a homogeneizar florestas, modificando os ecossistemas naturais e ameaçando a biodiversidade global.

Para Brune (1981), árvores exóticas, ou seja, árvores plantadas fora da região de ocorrência natural, merecem um tratamento diferenciado quando se trata de sua relação com o meio. Muitas espécies exóticas apresentam caráter agressivo, podendo escapar do controle e se dispersarem, impedindo, assim, o recrutamento de novas espécies e alterando o processo de sucessão vegetal na área (SIQUEIRA, 2002).

Para Lima (2003), Ziller (2003) e Primack (2001), a facilidade que uma espécie exótica tem para invadir, dominar novos habitats e deslocar as espécies nativas decorre principalmente pela ausência de seus predadores naturais, pestes e parasitas. Outro importante fator está ligado à ação humana que pode criar condições ambientais não usuais, tais como pulsos de nutrientes, às quais espécies exóticas podem se adaptar mais rapidamente do que as nativas.

Para Schumacher e Poggiani (1993), a implantação de vastas áreas de florestas exóticas no Brasil é consequência da evolução de toda estrutura industrial, que tem por objetivo atender a demanda madeireira das regiões mais desenvolvidas. Entretanto, outros fatores contribuíram para a implantação de espécies exóticas no Brasil como a recuperação de áreas degradadas e o reflorestamento com fins conservacionistas.

O abandono das áreas reflorestadas ou até mesmo a falta do manejo adequado para a leucena, favoreceu sua dispersão e invasão em outras áreas, tais como: campos agrícolas, lotes urbanos, beiras de estradas, canteiros de vias públicas, gerando uma grande preocupação com a biodiversidade local, uma vez que a leucena possui todos os atributos de uma invasora (DALMOLIN, 2005). Segundo Parrotta (1992), outro fator importante relacionado ao estabelecimento rápido da leucena é a abundante produção de sementes e sua germinação, permitindo, portando, que a leucena se torne um colonizador agressivo. Ziller (2003) afirmou que, quanto maior a flexibilidade do uso da espécie, maior é, em geral, seu potencial de se tornar invasora.

Na região oeste do Paraná, a *L. leucocephala* foi introduzida no início da década de 80 como alternativa em plantio consorciado para o reflorestamento da faixa de proteção do Reservatório da Itaipu Binacional. Entre as espécies utilizadas no plantio, a *L. leucocephala* destacou-se por sua capacidade de adaptação e dispersão, transformando-se em espécie não desejável, a ponto de impedir o desenvolvimento das outras espécies (DALMOLIN, 2005).

2.2 QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA

Nos últimos anos, muitos estudos envolvendo as estimativas de biomassa têm tomado relevância com a finalidade de avaliar e considerar a potencialidade que os bosques e florestas tem em acumular o gás carbônico (CO₂) atmosférico.

A acumulação de biomassa é afetada por fatores ambientais e por fatores inerentes à própria planta (BARICHELLO *et al.*, 2005; CALDEIRA *et al.*, 2001).

Alguns autores como Kramer e Kozlowski, citados por Caldeira *et al.* (2001), afirmaram que os principais fatores abióticos que interferem são radiação solar, umidade do solo, fertilidade do solo, concentração de CO₂ no ar, entre outros fatores internos como idade das folhas, sua estrutura e disposição, teor de clorofila e acumulação de hidratos de carbono.

As estimativas de biomassa de um ecossistema podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivos) ou indiretos (não-destrutivos). O método direto é mais acurado e eficaz (SANTOS *et al.*, 2004), porém, segundo os mesmos autores, esse método demanda maior trabalho e baseia-se em poucas e pequenas parcelas. Para Caldeira *et al.* (2001), a produção de biomassa nos componentes da planta segue a ordem decrescente: fuste, raízes, galhos vivos, casca, galhos mortos e folhas.

Em análise comparativa, Barichello *et al.* (2005) apontaram que mais de 60% da biomassa está na madeira, e que a biomassa abaixo do solo pode chegar a 12% da biomassa total. Caldeira *et al.* (2001) citaram que a produção de biomassa acima do solo para a *Acácia mearnsii*, procedência Batemans Bay, foi de 36,1 Mg ha⁻¹, distribuída em 20% nas folhas, 19,5% galhos vivos, 2,8% galhos mortos, 11,8% na casca, e 45,9% na madeira.

Schumacher e Caldeira (2001) estimando biomassa e conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*, encontraram valores de 13, 10, 9 e 68% de biomassa nas folhas, ramos, casca e madeira, respectivamente. O componente madeira do tronco apresentou a maior quantidade de biomassa (57,5 Mg ha⁻¹), ou seja, 69% do total da biomassa aérea. Quando somado o valor da casca àquele componente, a biomassa aérea passou a representar 78% do total.

De forma geral, a quantificação da biomassa em plantações florestais é uma importante informação que poderá ser utilizada para compreender o funcionamento e os processos do ecossistema.

2.3 PADRÕES ALOMÉTRICOS

O estudo das relações alométricas tem-se mostrado importante na caracterização de espécies florestais (FONTES, 1999). Uma relação é dita alométrica quando uma característica física ou fisiológica sofre variação com o tamanho do organismo, apresentando assim grande importância nos estudos de comparação e da história de vida das espécies (Begon *et al.*, citado por FONTES, 1999).

A alometria, ou o estudo das relações alométricas para um vegetal, apresenta ainda outros fatores de interferências. Para King, citado por Fontes (1999), está diretamente relacionado com a forma e o efeito estrutural das florestas (o tamanho, o formato e disposição de copa de uma árvore), e a quantidade de radiação solar interceptada pelo vegetal. Já as dimensões do tronco correspondem à sua resistência mecânica frente às forças, como o vento e a biomassa da própria copa.

Em trabalho realizado por Watzlavick (2003), considerando a estimativa de carbono em florestas, as quantificações utilizando método destrutivo apresentaram resultados significativos. Entretanto, é fato que essas metodologias demandam muito trabalho e agregam custos elevados à pesquisa. Para atenuar esta limitante, as relações alométricas permitem estimar os distintos componentes da árvore,

mediante equações onde as variáveis observadas são de fácil medição e o número de indivíduos amostrados são limitados (Porte *et al.*, 2002).

Dentre as variáveis de fácil medição estão a altura total (HT), o diâmetro à altura do peito (DAP) e/ou a circunferência à altura do peito (CAP). Alguns trabalhos (Návar *et al.*, 2001; Laclau, 2003) apontaram que o ajuste de equações para determinação da biomassa é mais favorável quando o DAP é utilizado como variável independente. Dificuldades como custo, mão-de-obra e tempo impostas nos estudos de quantificação da biomassa são barreiras fundamentadas na correlação entre as variáveis de difícil medição e aquelas diretamente medidas nas árvores.

2.4 ESTIMATIVA DE CARBONO

Sem o efeito estufa, a temperatura na superfície da Terra cairia drasticamente, impedindo a existência da vida como se conhece hoje. O problema atual, entretanto, é que a concentração de gases efeito estufa (GEE) está aumentando, como resultado da atividade humana, e que eles podem afetar o clima da Terra, criando o aquecimento global (PRIMACK, 2001).

A emissão dos GEE na atmosfera tornou-se um dos mais graves problemas mundiais da atualidade. Os principais efeitos do aumento da temperatura serão o descongelamento de geleiras, a maior incidência de doenças tropicais, a desregulação climática, a perda e a migração da biodiversidade, o encurtamento do ciclo das culturas, a antecipação dos períodos de semeadura e colheita agrícola, o aumento dos riscos de salinização dos solos e das incidências de pragas e ervas daninhas (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2004).

Conforme Balteiro e Romero (2003), com a finalidade de reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera, em 1997, o conceito “seqüestro de carbono” foi amplamente divulgado através do Protocolo de Kyoto (atualmente Tratado de Kyoto). Para isso, até o ano de 2007, os países industrializados devem construir um sistema para quantificação e bio-monitoramento ambiental de emissões antropogênicas bem como das fontes de degradação desses gases (SCHNEIDER *et al.*, 2005).

Recentemente, os ecossistemas florestais estão sendo considerados como alternativas elegíveis para o seqüestro de carbono e a inclusão desses modelos no manejo florestal (BALTEIRO e ROMERO, 2003).

O seqüestro de carbono por florestas torna-se uma atividade econômica atrativa, desde que remunerada adequadamente, e ambientalmente correta (SOARES e OLIVEIRA, 2002). As florestas apresentam vários fatores positivos para o ambiente; dentre outros, podemos citar a purificação do ar e o aumento na produção de biomassa pelo carbono fixado. As árvores retiram o dióxido de carbono do ar que, combinado com a água absorvida do solo, é usado para produzir os carboidratos, contribuindo portanto com o incremento da biomassa vegetal (LEÃO, 2000).

Estatísticas demonstram que a América Latina e o Caribe são os principais detentores de grandes áreas florestais (florestas nativas e plantadas). São aproximadamente 950 milhões de hectares, representando 27,5% de toda a área florestal do planeta. A Europa ocupa o último lugar com 4,2%, ou seja, 146 milhões de hectares (Figura 1).

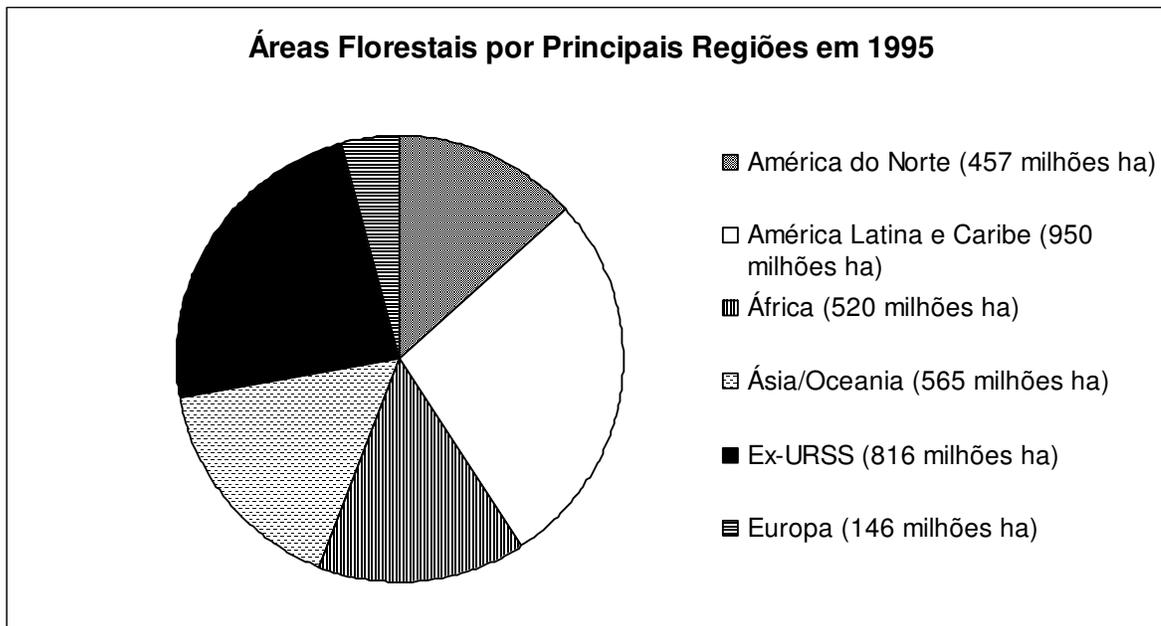


Figura 1 – Distribuição das principais áreas florestais no mundo em 1997. Superfície total = 3.454 milhões ha, sendo: países desenvolvidos: 1.493 milhões ha e países em desenvolvimento: 1961 milhões ha (Fonte: Leão, 2000).

Os ecossistemas florestais são facilmente degradados porque os seus solos são, com freqüência, rasos e pobres em nutrientes e estão sujeitos à erosão devido à alta densidade pluviométrica (PRIMACK, 2001).

Para Nishi (2003), o setor florestal brasileiro apresenta excelentes oportunidades para atividades que visam o seqüestro de carbono. O clima e a abundância de áreas disponíveis criam condições ideais para plantações silvícolas.

A expectativa é que as florestas forneçam algo mais do que simples produtos madeireiros, estabelecendo também equilíbrio ambiental e um novo nicho de mercado com os “créditos de carbono” (BALTEIRO e ROMERO, 2003).

No entanto, existe a necessidade de conhecer os estoques de carbono presentes em diferentes compartimentos da floresta (parte aérea das árvores,

sistema radicular, sub-bosque, solo, entre outros) para se conhecer o potencial das florestas no seqüestro de carbono (SOARES e OLIVEIRA, 2002).

Atualmente, muitas pesquisas florestais enfocam em seus objetivos a quantificação de carbono em diversas espécies vegetais; entretanto, não foi encontrado na literatura a quantificação de carbono para a leucena em seus diferentes tamanhos e componentes vegetais.

Soares e Oliveira (2002) realizaram uma pesquisa de ajuste de equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto. Aqueles autores constataram que existe uma relação exponencial positiva entre a quantidade de carbono presente nas diferentes partes das árvores (Y_i) e as dimensões do caule expressa pelo Dap e a Ht . A equação descrita pelos autores foi: $Y_i = a.dap^b . Ht^c$ significativa a 95% de probabilidade. Para a quantificação de carbono, os autores assumiram um fator de 0,5 o qual considera que, em média, 50% da biomassa é composta por carbono. Tsukamoto Filho *et al.* (2004) adotaram o fator 0,49 na conversão da biomassa seca de madeira para carbono.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este ensaio foi desenvolvido entre 01 de novembro de 2005 e 22 de fevereiro de 2006, em Marechal Cândido Rondon, PR, em área de 11.050 m², pertencente a Agrícola Horizonte, nas coordenadas geográficas de 24° 33' 40" latitude Sul e 54° 04' 12" longitude Oeste, a 420 metros de altitude. O clima é caracterizado como subtropical úmido, recebendo a classificação de Cfa (Köppen), com verões quentes, geadas menos freqüentes, e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão. A estação seca não é definida, com precipitação média anual de 1.500 mm e umidade média anual de 80%. A temperatura média anual é de 21 °C, sendo a máxima de 28 °C e a mínima de 15 °C.

3.1 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Instalada no perímetro urbano do município de Marechal Cândido Rondon - PR, a Agrícola Horizonte, através de sua diretoria, está em constante preocupação com a emissão de impurezas geradas através do seu processo industrial de cereais. Com a produção de farinha de trigo e derivados, muitos resíduos (pó-de-farinha, farelos e demais impurezas) acabam sendo lançados na atmosfera. Com o intuito de barrar a dispersão desses resíduos, o plantio de algumas espécies arbóreas foi executado para formar uma cortina de contenção de impurezas.

O processo de revegetação, em geral, consiste em devolver à área uma cobertura vegetal equilibrada em termos de estabilidade do ecossistema e, se possível, com a finalidade de atender as necessidades socioeconômicas regionais (HOSOKAWA *et. al*, 1998).

Segundo informações pessoais concedidas pelo Sr. José Carlos Schirmer (Agrícola Horizonte), a partir de 1998, em uma área do entorno do complexo industrial, foram plantadas, de forma aleatória, mudas de ipê-roxo, grevílea, eucalipto, canafístula e flamboyant. Próximo a área reflorestada, a Prefeitura Municipal de Marechal Cândido Rondon mantém uma área de proteção ambiental (APA) que é predominantemente composta por leucenas. Devido a rápida dispersão de sementes e sua facilidade de adaptação, a área pertencente a Agrícola Horizonte tornou-se um grande leucenal.

A Figura 2 mostra o croqui do bosque experimental que ocupa uma área de 11.050 m² e conta com algumas das espécies plantadas no início, e as leucenas dominantes. Segundo Bechara (2003), espécies invasoras como a leucena alteram a fisionomia e o funcionamento dos ecossistemas.

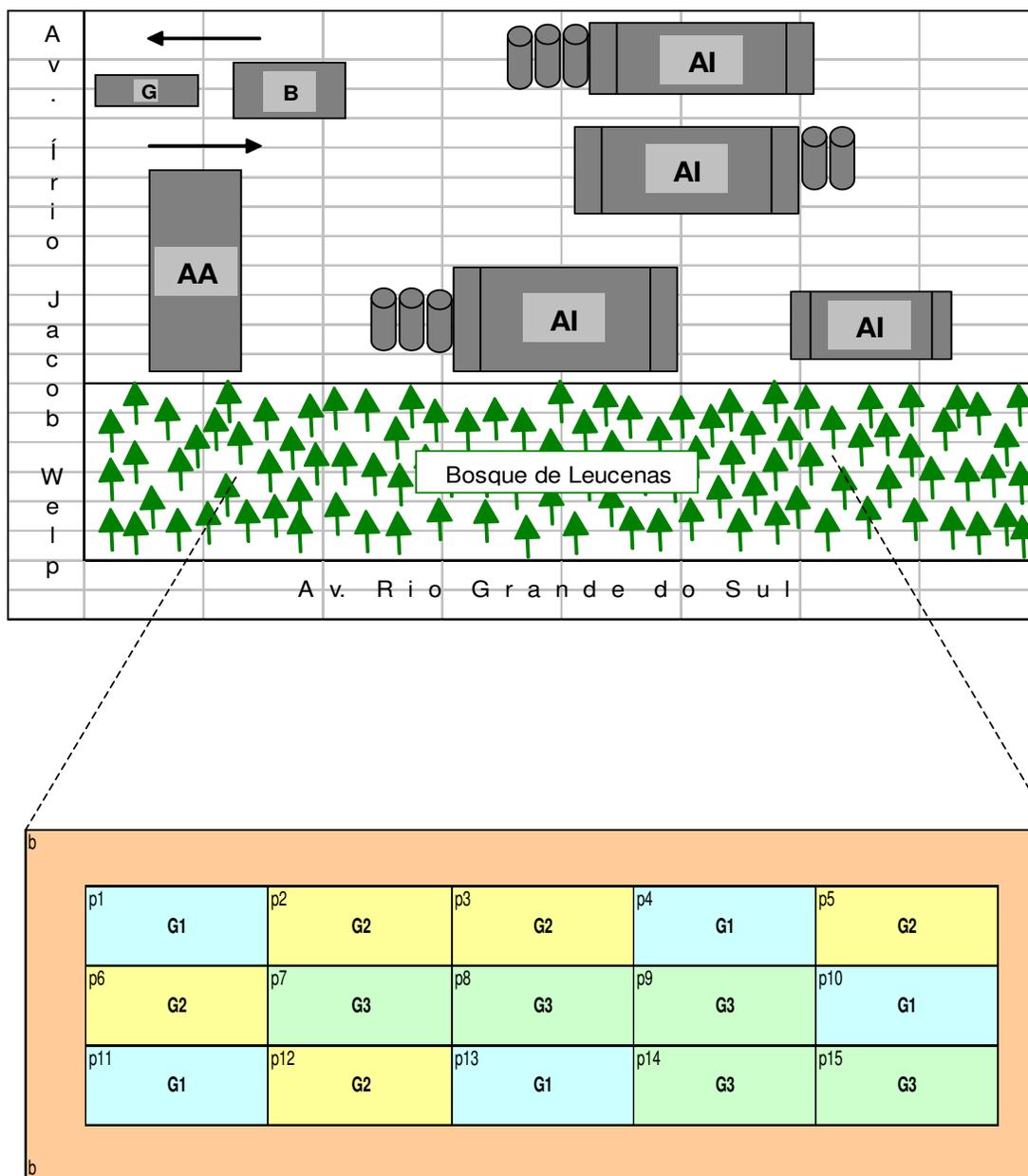


Figura 2 – Local da realização do ensaio, Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006. Área Administrativa/Industrial: G (guarita), B (balança), AA (área administrativa) e AI (área industrial); Área experimental: p1...p15 (parcelas), G1...G3 (grupos) e b (bordadura).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo predominante é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico – Lvef, com saturação por bases altas ($V \geq 50\%$) e teores de Fe_2O_3 de 18% a $< 36\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, conforme o sistema brasileiro de classificação de solos da Embrapa (1999).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Neste ensaio utilizou-se uma área experimental de 11.050 m². Geometricamente representada por um retângulo, a área apresenta 65 metros na largura e 170 metros no comprimento. Assumida uma bordadura (b) de 10 metros em todos os lados, o restante da área foi dividida em 15 parcelas de 450 m² (15x30), a fim de contemplar o abate de indivíduos nos tamanhos diferentes (Figura 2).

Para a amostragem, foram selecionados três grupos, com cinco repetições e dois indivíduos amostrados em cada um deles, totalizando 30 indivíduos. A circunferência à altura do peito (CAP) estava compreendidas entre 4 e 47 cm. No grupo um (G1), os indivíduos amostrados estavam com dimensões da CAP entre 0,01 e 15 cm (Figura 3). No grupo dois (G2) os indivíduos amostrados estavam com dimensões da CAP entre 15,01 e 30 cm (Figura 4). No grupo três (G3) os indivíduos amostrados estavam com as dimensões da CAP acima de 30,01 cm (Figura 5).



Figura 3 – Indivíduo com 11 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 1, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.



Figura 4 – Indivíduo com 25 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 2, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Uniãoeste, 2006.



Figura 5 – Indivíduo com 32 cm na circunferência à altura do peito, pertencente ao Grupo 3, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

3.4 COLETA DE AMOSTRAS

O método para a realização deste ensaio, segundo Santos *et al.* (2004), é direto, ou seja, destrutivo, com o abate total dos indivíduos (árvores) selecionados para a retirada das amostras.

A escolha do indivíduo para o abate foi feita percorrendo-se a vegetação, procurando evitar a amostragem de dois indivíduos num mesmo ponto, para que as condições ecológicas particulares não mascarassem as características reais, e procurando um indivíduo que se enquadrasse dentro das dimensões específicas para o grupo representado na parcela, conforme Fontes (1999).

Escolhido o indivíduo, foi feita a mensuração da circunferência à altura do peito (CAP), com auxílio de fita métrica. Posteriormente, foi estimada, com o auxílio de um clinômetro, a altura total (HT) e a altura total do fuste (HTF), conforme metodologia proposta por Finger (1992). A distância vertical ao longo do eixo da árvore foi compreendida entre o nível do solo e seu ápice (para HT) e a distância vertical até a primeira bifurcação significativa (para HTF).

O abate de cada indivíduo foi feito a 10 cm acima do solo e, em seguida, cada árvore foi separada em parte subterrânea (raízes) e parte aérea (fuste, galhos, folhas, sementes e inflorescências).

3.4.1 Biomassa Subterrânea

A obtenção da biomassa fresca das raízes seguiu a metodologia proposta por Barichello *et al.* (2005). Nos 30 indivíduos amostrados, demarcou-se uma área

útil para cada árvore ($1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$), escavando até 50 cm de profundidade e separando as raízes do volume de solo. (Figuras 6 e 7)

As raízes foram amostradas e pesadas a campo com balança de prato ($\pm 50 \text{ g}$). Uma subamostra de 10% do peso fresco total foi utilizada para estimativa da biomassa seca.



Figura 6 – Escavação para retirada da raiz e estimativa da biomassa subterrânea na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.



Figura 7 – Área da escavação para retirada da raiz na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

3.4.2 Biomassa Aérea

Para a estimativa da biomassa aérea, cada indivíduo foi seccionado nos componentes fuste, galhos, sementes e inflorescências.

3.4.3 Biomassa do Fuste

Neste ensaio utilizou-se a conceituação de Finger (1992) para o fuste, isto é, comprimento até a primeira bifurcação significativa. Para quantificação da altura total do fuste (HTF) utilizou-se o comprimento entre a superfície do solo e a base da copa. Segundo Zárate (1987), para *L. leucocephala* o fuste geralmente é torcido e a bifurcação ocorre em diferentes alturas.

Imediatamente após o corte e a mensuração, o fuste foi seccionado para extração de discos de madeira com casca de aproximadamente 5,0 cm de espessura, a cada 1 metro e pesado com balança de prato (± 50 g). Os discos serviram como amostras de madeira para determinação da biomassa seca.

3.4.4 Biomassa dos Galhos

Cada árvore foi desgalhada e todos seus galhos foram pesados com balança de prato (± 50 g). No conjunto dos galhos foram retirados fragmentos com diferentes tamanhos, os quais foram misturados, formando-se uma amostra composta. Desta amostra, retirou-se uma subamostra de 10% do peso fresco total, para determinação do seu peso seco. (Figuras 8 e 9)



Figura 8 – Acondicionamento dos galhos em balança de prato (± 50 g) para pesagem, na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.



Figura 9 – Pesagem dos galhos, para obtenção da biomassa úmida total na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

3.4.5 Biomassa das Folhas

Após a separação, as folhas foram pesadas em balança de prato (± 50 g) para obtenção do peso fresco e, posteriormente, separada uma amostra de 10% do peso total para determinação da biomassa seca. (Figuras 10 e 11)



Figura 10 – Separação das folhas dos galhos para estimativa da biomassa das folhas na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.



Figura 11 – Preparação para pesagem das folhas para estimativa da biomassa das folhas na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

3.4.6 Descarte dos galhos mortos, das sementes e das inflorescências

A baixa incidência de galhos mortos, sementes e inflorescências em cada árvore-amostra e a pequena contribuição que esses componentes trariam aos resultados finais deste trabalho, influenciaram na decisão da não inclusão desses componentes no estudo das relações alométricas.

No entanto, deve-se considerar que, para leucenas (DALMOLIN, 2005; SIQUEIRA, 2002), a presença de sementes e inflorescências é permanente em todos os meses do ano.

Em pesquisa realizada com genótipos de *Leucaena spp*, nas condições edafoclimáticas de São Carlos, SP, Primavesi *et al.* (1994) constataram também que

a produção de sementes foi permanente, porém em diferentes níveis no período da experimentação (15 meses). Segundo Zárate (1987) e Parrotta (1992) a maturação ocorre principalmente nos meses de Março a Abril. Similarmente, Dalmolin (2005) afirmou que a produção e dispersão de sementes ocorrem durante todo o ano, com picos marcantes durante o verão e depressões durante o inverno, com máxima na primeira quinzena de março, nas condições do oeste paranaense.

3.4.7 Determinação da biomassa seca para todos os componentes

Após a coleta no campo, as amostras foram levadas ao laboratório da UNIOESTE – *Campus* de Marechal Cândido Rondon, PR. As amostras de todos os componentes foram pesadas em balança digital ($\pm 0,1$ g) para determinação do peso fresco e, posteriormente, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 72 horas para folhas e, até peso constante, para as raízes, o fuste e os galhos. (Figuras 12, 13 e 14)



Figura 12 – Amostras de biomassa úmida de todos os componentes vegetais de um indivíduo abatido, levadas ao laboratório secagem na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.



Figura 13 – Pesagem das amostras secas em balança digital ($\pm 0,1$ g), para avaliação do peso constante na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.



Figura 14 – Amostras em estufa de ventilação forçada a 65 °C para obtenção da biomassa seca na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

Este procedimento busca a estimativa uniforme do material colhido no campo, com 0% de umidade (SCOLFORO, 1997).

A biomassa das raízes, do fuste, dos galhos e das folhas foi obtida de acordo com a expressão (SOARES e OLIVEIRA, 2002):

$$PST = \frac{PUT \cdot PSA}{PUA}$$

Em que PST = peso seco total das raízes, do fuste, dos galhos ou das folhas, em gramas; PUT = peso úmido total das raízes, do fuste, dos galhos ou das folhas no campo, em gramas; PSA = peso seco da amostra das raízes, do fuste, dos galhos ou das folhas, em gramas; PUA = peso úmido da amostra das raízes, do fuste, dos galhos ou das folhas em gramas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS E RESULTADOS DE APOIO

4.1.1 Densidade Populacional

A divisão da área em parcelas, para posterior distribuição por grupos, está ligada à grande desigualdade dimensional que as árvores de leucena apresentam na área experimental.

A decisão de realizar a amostragem populacional foi impulsionada para que se obtivessem dados que complementassem a explicação, a análise dos dados e sua discussão, para os diferentes tamanhos e desenvolvimento das árvores.

O número de indivíduos por unidade de área tem fundamental importância para o desenvolvimento individual de cada árvore, pois a competição existente é grande e, certamente, há um grande diferencial no desenvolvimento e no acúmulo de biomassa. Foi possível observar que os indivíduos que estão em uma área mais densa são ligeiramente menos desenvolvidos, apresentam menor acumulação de biomassa, e maior crescimento em altura. A bifurcação nestas árvores, quando acontece, situa-se mais distante da superfície do solo (Figura 15). Já as leucenas que estão em uma área menos densa apresentam maior CAP, geralmente desenvolvem copa maior e a bifurcação ocorre com maior frequência (Figura 16).

O levantamento utilizou como amostra uma área de 1 m² por parcela, com a contagem de todos os indivíduos, independente das dimensões da CAP. De posse dos dados foi efetuado a multiplicação do número de indivíduos da parcela, pela área (450 m²), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Amostra de indivíduos por parcela (p1.....15) com os respectivos grupos (G1, G2 e G3) para estimativa da densidade populacional da área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006

Parcela	Grupo	Número de indivíduos (m ²)	Estimativa populacional por parcela
1	G1	1	450
2	G2	1	450
3	G2	2	900
4	G1	3	1350
5	G2	2	900
6	G2	3	1350
7	G3	3	1350
8	G3	11	4950
9	G3	9	4050
10	G1	6	2700
11	G1	2	900
12	G2	4	1800
13	G1	10	4500
14	G3	4	1800
15	G3	3	1350
Estimativa populacional da área amostrada:			28800



Figura 15 – Caracterização da densidade populacional de 11 indivíduos/m² na área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006.



Figura 16 – Caracterização da densidade populacional de 01 indivíduos/m² na área experimental na Agrícola Horizonte, Marechal Cândido Rondon/PR, 2006.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

Devido à diversidade das unidades de medição das variáveis compiladas (Tabelas 3), Scolforo (1997) recomendou a construção de uma matriz de correlação para determinar a melhor seleção entre as variáveis, uma vez que ela envolve a padronização dos dados, tornando-os adimensionais. Esse método permite observar o relacionamento entre todas as variáveis eliminando aquelas que apresentam uma baixa correlação com a variável dependente. A grande variância nos dados pode ser atribuída a fatores como: condições edafoclimáticas, aspectos genéticos, pragas, doenças, desenvolvimento.

Para avaliar a correlação entre as variáveis independentes - altura total (HT), altura total do fuste (HTF) e circunferência à altura do peito (CAP) e as variáveis dependentes - biomassa total (BT), biomassa das raízes ou subterrânea (BRS), biomassa do fuste (BF), biomassa dos galhos (BG), biomassa das folhas (BFL) e biomassa aérea (BA) - a matriz de correlação foi gerada por meio de planilha eletrônica Excel (Lapponi, 2000; Scolforo, 1997).

Mesmo com a grande variância dos dados, a matriz demonstrou uma correlação positiva, portanto, confirmada pela realização da análise de regressão linear que demonstrou normalidade entre os dados. As variáveis BF, BG e BFL foram fundamentais para a determinação da biomassa seca total, mas não foram consideradas relevantes às relações alométricas deste trabalho.

Dentre as variáveis independentes de interesse, a CAP é a que apresentou melhores resultados (Tabela 2) correlacionando-se em 90% com BRS e 90,7% com BT. A variável HT apresentou uma correlação menor, porém ainda significativa com BRS (66,8%) e com BT (67%).

Previamente foi possível descartar a variável HTF por apresentar uma correlação muito baixa, variando entre 16,5% e 57%. Esse resultado pode ser explicado pela grande variância da altura do fuste entre os grupos e mesmo dentro deles. A *L. leucocephala* apresenta bifurcação em diferentes tamanhos e idades, alterando portanto, o tamanho do fuste (Tabela 3).

Tabela 2 – Matriz de Correlação entre as variáveis: HT (altura total), HTF (altura total do fuste), CAP (circunferência a altura do peito), BF (biomassa fuste), BG (biomassa galhos), BFL (biomassa folhas), BRS (biomassa radicular ou subterrânea), BA (biomassa aérea) e BT (biomassa total)

Variáveis	HT	HTF	CAP	BF	BG	BFL	BRS	BA	BT
HT	1								
HTF	0,715	1							
CAP	0,883	0,551	1						
BF	0,804	0,573	0,939	1					
BG	0,529	0,165	0,802	0,748	1				
BFL	0,454	0,181	0,717	0,656	0,934	1			
BRS	0,668	0,341	0,900	0,920	0,931	0,862	1		
BA	0,668	0,337	0,906	0,893	0,966	0,895	0,987	1	
BT	0,670	0,339	0,907	0,901	0,960	0,889	0,992	0,999	1

Os dados de todas as variáveis desejáveis foram submetidos à análise estatística exploratória de Regressão Linear com a utilização do programa estatístico *MINITAB INC™* 14.0, com ajustes de equações para avaliar as relações alométricas. Segundo Scolforo (1997), uma regressão é dita como linear quando, associada à variável dependente, existem uma ou mais variáveis independentes.

	Estimativas	HT (m)		HTF (m)		CAP (cm)		BF (g)		BG (g)		BFL (g)		BRS (g)		BA (g)		BT (g)	
		Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
G1	Intervalo de																		
	Confiança (95%)	4,57	6,13	2,55	3,56	5,80	10,60	592	1,56	97	718	71	325	380	672	800	2,56	1,19	3,22
	Desvio Padrão	1,09		0,75		3,63		7,20		4,63		1,89		2,18		1,31		1,51	
	Média	5,35		3,05		8,20		1,08		408,00		198,00		526,00		1,68		2,21	
G2	Intervalo de Confiança	9,31	10,72	3,93	6,23	17,71	24,10	4,86	10,62	1,59	8,63	496	1,02	1,79	5,23	7,87	19,34	9,68	24,54
	Desvio Padrão	0,99		1,61		4,46		4,03		4,92		3,56		2,40		8,52		1,04	
	Média	10,10		5,08		20,90		7,74		5,11		757,00		3,51		13,60		17,11	
G3	Intervalo de Confiança	10,64	11,71	4,81	5,97	30,91	38,10	22,10	28,59	12,62	42,67	665	4,63	12,46	23,14	37,18	74,09	49,82	97,05
	Desvio Padrão	0,75		0,81		5,02		4,53		2,10		2,77		7,47		2,58		3,30	
	Média	11,18		5,39		34,50		25,34		27,65		2,65		17,80		55,64		73,43	

Tabela 3 – Valores obtidos por variáveis e os respectivos valores (máximo, mínimo e média) para os grupos G1, G2 e G3: (HT = altura total; HTF = altura total do fuste; CAP = circunferência à altura do peito; BF = biomassa fuste; BG = biomassa galhos; BFL = biomassa folhas; BRS = biomassa raízes ou subterrâneas; BA = biomassa aérea; e BT = biomassa total), na determinação das relações alométricas em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006

4.3 AJUSTE DE EQUAÇÕES PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA TOTAL E DA BIOMASSA DAS RAÍZES OU SUBTERRÂNEA

Para Scolforo (1997), o conhecimento das relações existentes entre as variáveis e sua pré-seleção servem de subsídios para a montagem do modelo que objetiva descrever as relações entre as variáveis dependentes e independentes.

Para a seleção final da equação, foram consideradas: a melhor distribuição dos valores para explicar a variável dependente; os valores mais próximos de 1 para o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$); a simplicidade dos modelos; e os menores valores para a raiz do quadrado médio dos resíduos ou erro (\sqrt{QME}).

A Tabela 4 apresenta vários modelos que foram testados com o objetivo de ajustar a melhor equação para determinação da BT e da BRS. O primeiro teste, considerando a estimativa de BT, contemplou as melhores variáveis independentes (HT, HTF e CAP) sugeridas pela matriz de correlação. Neste ensaio, os valores foram significativos para as variáveis HT e CAP com 0,889 para o $R^2_{aj.}$. Eliminando a variável não-significativa (HTF) do teste anterior houve um acréscimo no coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$: 0,891) para as variáveis HT e CAP; entretanto, o valor para HT na equação ficou negativo (-79,7). Ajustando a equação somente com CAP o resultado foi significativo, mas não foi satisfatório pois o $R^2_{aj.}$ diminuiu para 0,815.

A presença de valores negativos nas três equações descritas acima e os baixos valores para o $R^2_{aj.}$ (dificultando portanto, a explicação para os modelos) resulta da grande variação nas dimensões existentes entre os indivíduos.

No quarto teste, os dados das variáveis independentes foram transformados em logaritmo natural ou logaritmo neperiano (\ln) objetivando a linearidade dos dados. Observou-se um melhor ajuste para o R^2 (0,936) e valores não significativos para HT. Excluindo essa variável, encontrou-se a melhor equação (Tabela 4).

Tabela 4 – Teste de ajuste de equações para a escolha do melhor modelo. (BT = biomassa total (g), BRS = biomassa das raízes ou subterrânea (g), HT = altura total (m), HTF = altura total do fuste (m), CAP = circunferência à altura do peito (cm), $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação, \ln = logaritmo neperiano e \sqrt{QME} = Raiz do quadrado médio do erro)

Equação	$R^2_{aj.}$	\sqrt{QME}
BT = 7,282 - 72,1*HT - 13,1*HTF + 4,401*CAP	0,889	12235,7
BT = 6,779 - 79,7*HT + 4,462*CAP	0,891	12088,3
BT = - 29,139 + 2,833*CAP	0,815	15758,8
BT = - 4,21 + 1,37*HT - 0,0001*HTF + 1,55* \ln CAP	0,934	0,41261
BT = - 4,21 + 1,37*HT + 1,55*\ln CAP	0,936	0,40489
BRS = - 3,76 + 23,5*Cap + 0,3038*BA	0,972	1468,11

Para equacionar a relação existente entre a BT e as variáveis HT e CAP, ajustou-se o seguinte modelo de regressão:

$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$, que resultou em:

$$Y_i = - 4,21 + 1,37x_{1i} + 1,55x_{2i}$$

sendo Y_i = valor observado da variável Y (BT) no nível i das variáveis independentes x_{1i} ; β_0 = constante de regressão; β_1 = coeficiente de regressão para variável x_1 ; β_2 = coeficiente de regressão para variável x_2 ; x_{1i} = valor do nível de i da variável x_1 (HT) e x_{2i} = valor do nível de i da variável x_2 variável independente (\ln CAP).

O modelo de regressão utilizado consegue explicar significativamente a variação dos dados dos diferentes componentes. Isso pode ser evidenciado por causa dos altos valores dos coeficientes de determinação ajustados e ao quadrado médio do erro serem baixos.

O coeficiente de determinação ajustado neste modelo explica 93,6% das variações. Através da análise de regressão ao nível de 5% de significância obteve-se $p < 0,05$, indicando ser um modelo adequado. Schneider, citado por Barichello *et al.* (2005), explicou que o coeficiente de determinação expressa a variação total dos dados explicada pela regressão, selecionando-se a equação que contenha maior coeficiente de determinação ajustado.

Considerando a BT para a *L. Leucocephala*, conforme pode ser observado na Figura 17, verifica-se que a parte aérea possui 76% da biomassa total das árvores, estando subdividida na seguinte proporção: fuste 48%, galhos 47% e folhas 5%, restando 24% para biomassa subterrânea (Figura 18). Em trabalho realizado por Schumacher e Poggiani (1993) analisando a produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP, o maior percentual de biomassa produzido encontra-se no tronco. Para *Acacia mearnsii* de Wild aos 8 anos de idade, Barichello *et al.* (2005) apresentaram resultados em que a Acácia-negra chega a concentrar mais de 60% de sua biomassa na madeira e a biomassa abaixo do solo pode chegar à aproximadamente 12% da biomassa total.

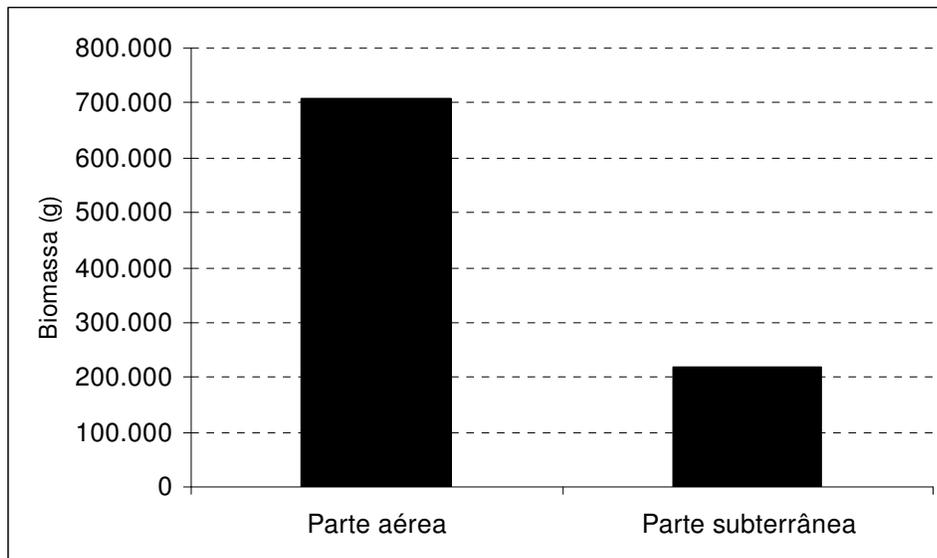


Figura 17 – Distribuição média da biomassa seca total (BT) nos componentes parte aérea e parte subterrânea, para *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

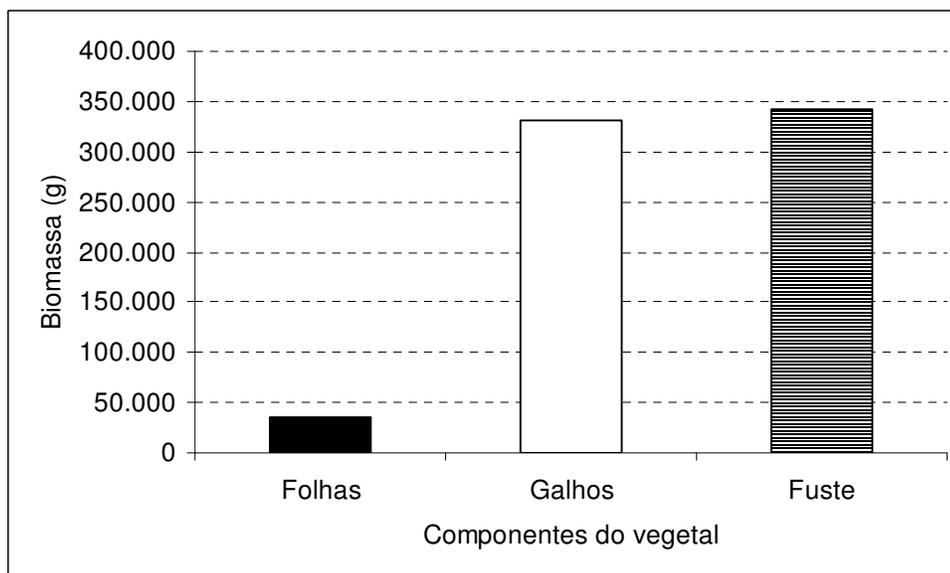


Figura 18 – Distribuição média da biomassa seca aérea (BA) no componente parte aérea (folhas, galhos e fuste) para *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

Objetivou-se encontrar uma relação alométrica para a estimativa da biomassa da parte subterrânea, utilizando uma variável de fácil mensuração. Com as variáveis BA e CAP obteve-se o seguinte modelo:

$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$, que resultou em:

$$y = - 3,76 + 23,5x_{1i} + 0,3038x_{2i}$$

onde, Y_i = valor observado da variável Y (BRS) no nível i das variáveis independentes x_{1i} ; β_0 = constante de regressão; ; β_1 = coeficiente de regressão para variável x_1 ; β_2 = coeficiente de regressão para variável x_2 ; x_{1i} = valor do nível de i da variável x_1 (Cap); x_{2i} = valor do nível de i da variável x_2 variável independente (Ba). O modelo explica 97,2% de relação entre as variáveis.

Para Raven *et. al* (1992), as raízes em *L. leucocephala* são denominadas de “sistema radicular pivotante” com geotropismo positivo, dando origem a ramificações, ou raízes laterais. Conforme Primavesi *et. al* (1994) e Zárate (1987), a leucena possui um sistema radicular profundo e estendido. A biomassa subterrânea corresponde a 24% da biomassa total. O valor médio quantificado da biomassa subterrânea neste ensaio situa-se entre os reportados por Parrotta (1992) que variaram entre 9% e 48% da biomassa arbórea total.

4.4 CONVERSÃO DA BIOMASSA VEGETAL SECA EM CARBONO

A quantificação de biomassa de um bosque é um elemento chave para estimar a alocação de carbono em cada componente (NAKAMA *et al.* 2000). A

conversão da biomassa total seca em carbono foi feita utilizando-se o coeficiente igual a 0,5 proposto por diversos autores (ARACRUZ, 2006; ARACRUZ, 2005; SOARES e OLIVEIRA, 2002; NAKAMA *et al.*, 2000). O método utiliza um fator de conversão para obter o estoque de carbono da vegetação, pela aplicação direta sobre a biomassa seca (total ou dos componentes). Entretanto, pode ser encontrado na literatura o fator 0,45, pois, segundo alguns autores a biomassa seca contém aproximadamente 45% de carbono (SANTOS *et al.*, 2004).

Neste ensaio, o fator utilizado para conversão de biomassa seca em carbono foi o de 0,5. O estoque de carbono estimado para leucenas deste ensaio apresentou a seguinte distribuição: fuste > galhos > raízes > folhas (Figura 19). Os resultados com leucena são similares aos reportados por Tsukamoto Filho *et al.* (2004), em estudo realizado na fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. Naquele trabalho, a madeira foi a parte da árvore que mais contribuiu para a fixação de carbono no sistema, seguido pelo litter, pela raiz, pela casca + galho e pela folha.

Similarmente, trabalho realizado por Soares e Oliveira (2002) com o objetivo de ajustar equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, MG, constataram que o fuste sem casca representa a parte aérea da árvore com maior quantidade de carbono (83,24%), seguido dos galhos (6,87%), da casca (6,62%) e das folhas (2,48%).

Caldeira *et al.* (2001), em pesquisa sobre a quantificação da biomassa acima do solo para *Acácia mearnsii* de Wild., apresentaram o seguinte percentual de distribuição para biomassa e carbono: 20% nas folhas; 19,5% nos galhos vivos; 2,8% nos galhos mortos; 11,8% na casca e 45,9% na madeira.

Os valores médios, apresentados neste ensaio, demonstram que o fuste é o componente vegetal com maior quantidade de carbono fixado (38%), seguido de 35% para galhos, 23% para raízes e 4% para folhas (Figura 20). Os resultados deste ensaio podem ser comparados aos obtidos por Leles *et al.* (2001), que avaliaram o crescimento, produção e alocação de matéria seca em *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* na região do cerrado, MG. Os autores mencionados reportaram 49% para madeira + casca, 27% para raízes, 13% para galhos, e 9% para folhas de *E. camaldulensis* e 50% para madeira + casca, 33% para raízes, 10% para galhos, e 7% para folhas de *E. pellita*.

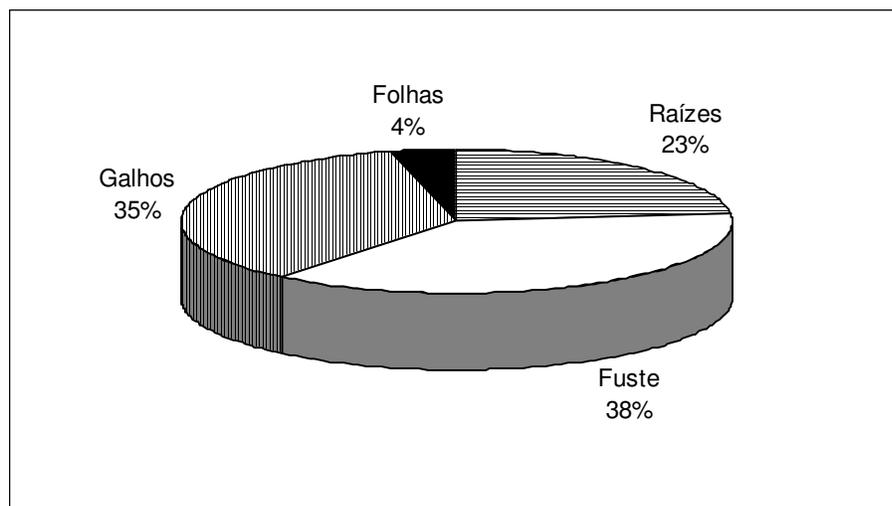


Figura 19 – Distribuição média da quantidade de carbono alocado nos diferentes componentes vegetais (raízes, fuste, folhas e galhos) em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

Houve variação na estimativa da quantidade de carbono para diferentes tamanhos da *L. leucocephala* (Figura 20). Considerando a biomassa total, a proporção da biomassa ou de carbono fixado no componente subterrâneo tende a se manter estável nas diferentes dimensões da leucena, com um leve decréscimo (13%) nos indivíduos com *Cap* entre 15,01 e 30 cm. No fuste, a proporção de carbono fixado com relação ao carbono total é decrescente nos grupos G1 (49%), G2 (46%) e G3 (35%). Para galhos a proporção é inversa se comparada com o fuste. Neste componente o estoque de carbono foi crescente com o aumento da *Cap*, 18, 29 e 37% respectivamente. As folhas apresentaram maior proporção no G1 (9%), ficando estável (4%) para os indivíduos com as dimensões da *Cap* acima de 15,01 cm.

Valores similares para folhas foram encontrados por Nakama *et al.* (2000), que avaliaram a potencialidade para o seqüestro de carbono em plantações com *Eucalyptus viminalis* de diferentes idades. Naquele estudo, para plantas com idades de 4, 8, 10, 12 e 14 anos, a proporção de carbono e biomassa seca para folhas foi de 33, 11, 7, 11 e 5%, respectivamente. O trabalho supra-citado não contemplou a estimativa de biomassa das raízes e, para a biomassa de fuste e galhos a proporção foi inversa ao encontrado neste ensaio, certamente pelas diferenças estruturais dos vegetais comparados.

Para as árvores que estão com as dimensões da CAP compreendidas entre 0,1 e 15 cm (Figura 20) o estoque de carbono é de 49% para fuste, 24% para raízes, 18% para galhos e 9% para folhas. Para aquelas com as dimensões da CAP compreendidas em 15,01 e 30 cm, o estoque de carbono tem a seguinte distribuição: 46% para fuste, 29% para galhos, 21% para raízes e 4% para folhas. O

grupo com os indivíduos com dimensões na CAP acima de 30,01 cm apresentou a seguinte distribuição: galhos 37%, fuste 35%, raízes 24% e folhas 4%.

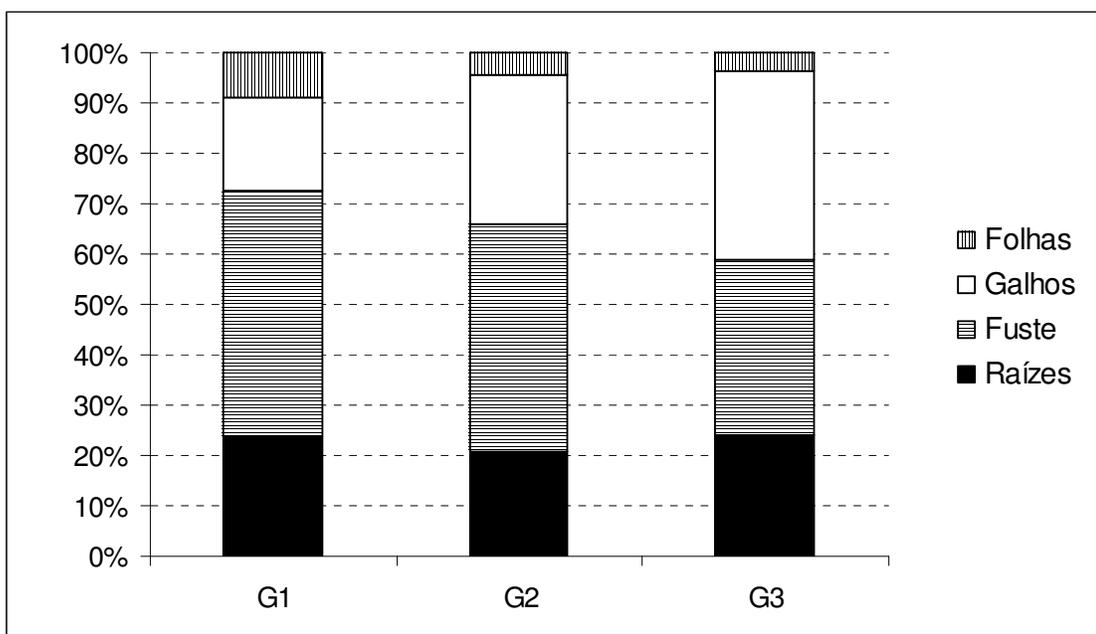


Figura 20 – Média percentual de carbono alocado em *L. leucocephala* (Lam.) De WIT, por grupos (G1, G2 e G3) e componentes (raízes, fuste, galhos e folhas), em Marechal Cândido Rondon/PR, Unioeste, 2006.

5 CONCLUSÕES

1. O modelo ajustado para a estimativa da biomassa total apresenta as variáveis CAP e HT como sendo explicativas e significativas.
2. A equação para biomassa seca total de melhor comportamento $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i}$ ($Y_i = - 4,21 + 1,37X_{1i} + 1,55X_{2i}$), está baseada em modelos transformados em logaritmo natural ou logaritmo neperiano.
3. Para a estimativa da biomassa das raízes ou biomassa subterrânea, as variáveis explicativas e significativas foram a BA e a CAP, representadas no modelo linear ajustado $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i}$ ($y = - 3,76 + 23,5X_{1i} + 0,3038X_{2i}$).
4. Do total da biomassa e do carbono para *L. leucocephala* em diferentes tamanhos, 24% corresponde à porção da raiz e 76% corresponde à porção aérea, tendo a seguinte distribuição: fuste > galhos > folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARACRUZ. Estimativa da biomassa e estoque de carbono em áreas de nativas da Aracruz. Disponível em: <http://www.aracruz.com.br/pt/ambiente/amb_mudancas_relatorio_023409.pdf>. Acesso em 05 out. 2005. **Aracruz Celulose**. / 2005 /.

ARACRUZ. Estimativa da biomassa e estoque de carbono em áreas de nativas da Aracruz. Disponível em: <http://www.aracruz.com.br/pt/ambiente/amb_mudancas_relatorio_030506.pdf>. Acesso em 19 jun. 2006. **Aracruz Celulose**. / 2006 /.

BALTEIRO, L. D.; ROMERO, C. Carbon captured as a new instrument in forest management: some implications. **Scientia Forestalis**, n.63, p.103-114, 2003.

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação da Biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. Na região Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, p.129-135, 2005.

BECHARA, F. C. **Restauração Ecológica de Restingas Contaminadas por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, 2003**. 124p. Dissertação – (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

BRUNE, A. Esquemas de Implantação: Populações *ex situ* exóticas. In: **Implantação de populações de espécies florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS. 1981. 9 p. p.6-8.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RONDON NETO, R. M.; WATZLAVICK, L. F.; SANTOS, E. M. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acácia mearnsii* De WILD., procedência Batemans Bay – Austrália. **Ciência Florestal**,v.11, n.2, p.79-91, 2001.

CARVALHO, A. G. de.; MAEDA, J. M. 1997. Biologia Floral de *Leucaena leucocephala* (Leguminosae, Mimosoidae). **Revista Floresta e Ambiente**. Ano 4. 1997.

DALMOLIN, M. F. da S. **Dispersão e germinação de *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. No Município de Santa Helena – Paraná**. Marechal Cândido Rondon, 2005. 114p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Latossolos. In: **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p. Cap. 11. p.197-216.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Leucena* (*Leucaena* spp.) legumineira – cultura forrageira para produção de proteína. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/ct/ct13/03leucena.html>>. Acesso em 31 jan. 2006. **Embrapa Gado de Corte**. São Paulo-SP. / 2006 /.

FINGER, C. A. G. Medição de Árvores. In: **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p. Cap. 3.2.2.1. p.51.

FONTES, M. A. L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. **Scientia Forestalis**, n.55, p.79-87, 1999.

GUIA RURAL ABRIL. **As culturas de A até Z**. São Paulo: Abril, 1986. 447p. p.336.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. de; CUNHA, U. S da. Estratégia e planificação da biosfera para o desenvolvimento regional; Reflorestamento. In: **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998. 162p. Cap. 2. p.21-28; Cap. 3. p.29-68.

LACLAU, P. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. **Forest Ecology and Management**, v. 180, n.1, p.317-333, 2003.

LAPPONI, J. C. Correlação. In: **Estatística usando Excel**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 2000. 450p. Cap. 6. p.155-176.

LEÃO, R. M. Origem e evolução das florestas; Usos e benefícios da floresta; Ameaças ao equilíbrio das florestas; A ciência e a tecnologia florestal; Trabalhos pioneiros. In: **A Floresta e o Homem**. São Paulo: USP, 2000. 434p. Cap. 1. p.27-42; Cap. 3. p.75-112; Cap. 4. p.113-136; Cap. 5. p.137-162; Cap. 9. p.265-292.

LELES, P. S. dos S.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; MORAIS, E. J. de. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p. 77-87, 2001.

LIMA, L. Dossiê: Espécies Invasoras. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT578932-2681,00.html>>. Acesso em 12 abr. 2006. **Revista Galileu**. São Paulo. 2003.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R. ***Leucaena leucocephala***. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao/bol_50.pdf>. Acesso em 09 fev. 2006. Lavras-MG. / 2006 /.

LONGO, C. **Avaliação do uso de *Leucaena leucocephala* em dietas de ovinos da raça Santa Inês sobre o consumo, a digestibilidade e a retenção de nitrogênio**. Piracicaba, 2002. 62p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

MINITAB INC™ 14.0. Making Data Analysis Easier. Statistical Software. Minitab Inc State College, PA, EUA. 1972.

NAKAMA, V.; LUPI, A. M.; FERRERE, P.; ALFIERI, A. Las plantaciones forestales como sumideros del carbono atmosférico: Estudio de caso en la provincia de Buenos Aires. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/suelos/actualidad/Seminarios/Mesa_red_suelos_fores.pdf>. Acesso em 12 mar. 2006. **SAPyA Forestal**. Buenos Aires – Argentina, p.2-11. 2000.

NÁVAR, J.; GONZÁLEZ, N.; GRACIANO, J. **Ecuaciones para estimar componentes de biomasa en plantaciones forestales de Durango, México**. Disponível em: <<http://www.uach.cl/procarbono/simposio/trabajos/31%20-%20Navar.PDF>>. Acesso em 14 maio 2006. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile, 12p. 2001.

NISHI, M. H. **O MDL e o atendimento aos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade por diferentes atividades florestais**. Viçosa, 2003. 66p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

PARROTTA, J. A. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. – *Leucaena tantan*. Disponível em: <<http://www.fs.fed.us/global/iitf/Leucaenaleucocephala.pdf>>. Acesso em 06 maio 2006. **Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station**. New Orleans-LA- USA, p.308-316, 1992.

PORTE, A.; TRICHET, P.; BERT, D.; LOUSTAU, D. Allometric relationship for branch and tree woody biomass of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Forest Ecology and Management**, v.158, p.71-83, 2002.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Ameaças à diversidade biológica. In: **Biologia da Conservação**. Londrina: Ed. Efraim Rodrigues, 2001. 328p. Cap. 2. p.69-133.

PRIMAVESI, A. C. P. de A.; NOGUEIRA, A. R. A.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R.; BATISTA, L. A. R.; NOVAES, N. J.; FRANÇA-DANTAS, M. S. Avaliação de genótipos de *Leucaena* spp. nas condições edafoclimáticas de São Carlos, SP: I. Caracterização fenotípica e avaliação agrônômica. **Scientia Agricola**, v.51, n.1, p.47-52, 1994.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Raiz: estrutura e desenvolvimento. In: **Biologia Vegetal**. Trad. Ana Maria Benko-Iseppon *et al.* 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 728p. Cap. 22. p. 436-453.

SANTOS, S. R. M. dos; MIRANDA, I de. S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, v.34, n.1, p.1-8, 2004.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SOBRINHO, V. G.; SCHNEIDER P. S. P. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, v. 15, n.4, p.391-402, 2005.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.21-34, 1993.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p.45-53, 2001.

SCOLFORO, J. R. S. Métodos para construção de modelos empíricos; Equações de Biomassa. In: **Biometria Florestal: Técnica de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 292p. Cap. 5. p.181-202; Cap. 6. p. 203-212.

SIQUEIRA, L. P de. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil**. Piracicaba, 2002. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parta aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.31-38, 2002.

TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; COUTO, L.; NEVES, J. C. L.; PASSOS, C. A. M.; SILVA, M. L. da. Fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, v.1, n.1, p.29-41, 2004.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. Curitiba, 2003. 120p. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ZÁRATE, R. S. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, subsp. glabrata. **Phytologia**. v.63, n.4, p.304-306, 1987.

ZILLER, S. R. **Espécies Exóticas Invasoras**. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/download/noticias/not_17_09_03.PDF>. Acesso em 14 maio 2006. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Curitiba - PR. 2003.