



**ALDENIR DE CARVALHO CAETANO**

**INTRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA  
CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia  
excelsa* Bonpl.) EM CONSÓRCIO  
AGROFLORESTAL COM CLONES DE  
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM  
LAVRAS - MG**

**LAVRAS - MG**

**2012**

**ALDENIR DE CARVALHO CAETANO**

**INTRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) EM CONSÓRCIO AGROFLORESTAL COM CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM LAVRAS – MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

Coorientadora

Profa. Dra. Bruna Anair Souto Dias

**LAVRAS - MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Caetano, Aldenir de Carvalho.

Introdução e crescimento da castanheira-da-amazônia  
(*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em consórcio agroflorestal com clones  
de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em Lavras, MG /  
Aldenir de Carvalho Caetano. – Lavras : UFLA, 2012.

175 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Bibliografia.

1. Silvicultura. 2. Reflorestamento. 3. Espécies tropicais. 4.  
Relação hipsométrica. 5. Consórcio de espécies florestais. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.99

**ALDENIR DE CARVALHO CAETANO**

**INTRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) EM CONSÓRCIO AGROFLORESTAL COM CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM LAVRAS – MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA, em 30 de julho de 2012

Dr. Nelson Venturin – UFLA

Dr. Valdely Ferreira Kinupp – UFAM

Dra. Sabina Cerruto Ribeiro – UFV

Profa. Dra. Bruna Anair Souto Dias

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

Orientador

**LAVRAS - MG**

**2012**

A Deus, sobre todas as coisas, fonte de minha existência.  
A minha família, especialmente a minha mãe, Dalila Caetano; a minha irmã,  
Aldenira e ao meu cunhado, Antonio e aos meus filhos, Igor, Ianca Maria e José  
Manuel.  
À companheira Rita de Cassia, pelo grande incentivo, apoio e paciência, ao  
longo desta jornada.  
*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus orientadores e amigos, professores doutores Renato Luiz Grisi Macedo e Bruna Anair Souto Dias, por acreditarem em mim, me mostrarem o caminho da ciência, fazerem parte da minha vida nos momentos bons e ruins e por serem exemplos de profissionais, que sempre farão parte da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realizar este trabalho.

À minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo.

Ao professor José Maurício do Rêgo Feitosa (coordenador financeiro do DINTER).

Ao professor José Marcio da Rocha Faria, por acreditar no programa de doutorado UFLA/IFAM/CAPES-MEC.

Ao professor Joel Augusto Muniz, por acreditar no programa de doutorado UFLA/IFAM/CAPES-MEC.

Ao professor José Edison Soares Carvalho.

À servidora Jeziane Almeida de Aquino.

A todos os colegas e professores da pós-graduação em Engenharia Florestal da UFLA.

Aos amigos que fizeram parte desses momentos, sempre me ajudando e incentivando.

A todos os meus colegas de trabalho e estudantes do Instituto Federal do Amazonas – Campus Zona Leste.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
3.1. Sistemas agroflorestais.....	18
3.2. Características gerais da castanheira.....	20
3.2.1. Aspectos botânicos.....	20
3.2.2. Distribuição geográfica e ocorrência natural.....	20
3.2.3. Características dendrológicas e fenológicas .....	22
3.2.4. Tecnologia de semente e produção de mudas.....	26
3.2.5. Clima.....	28
3.2.6. Solos.....	28
3.2.7. Métodos de cultivo.....	29
3.2.8. Castanheira em sistemas agroflorestais.....	30
3.2.9. Implantação de cultivos racionais e preservação de sítios de ocorrência .....	32
3.2.10. Dinâmica de crescimento da castanheira.....	32
3.2.11. Ajustes de modelos hipsométricos para a castanheira.....	35
3.3. Características gerais da seringueira.....	37
3.3.1. Aspectos botânicos.....	37
3.3.2. Distribuição geográfica e ocorrência natural .....	38
3.3.3. Características dendrológicas e fenológicas .....	39

3.3.4.	Tecnologia de semente e produção de mudas.....	39
3.3.5.	Aspecto econômico e perspectiva de mercado .....	41
3.3.6.	Clima.....	42
3.3.7.	Solo .....	43
3.3.8.	Seringueira em sistemas agroflorestais .....	44
3.4.	Aspectos gerais para a introdução de espécies .....	45
3.4.1.	Fatores climáticos .....	45
3.4.2.	Fatores edáficos .....	47
3.5.	Características de avaliação do comportamento das espécies .....	47
3.5.1.	Competição e dinâmica de crescimento .....	48
3.5.2.	Sobrevivência .....	51
3.5.3.	Resistência aos agentes bióticos e abióticos desfavoráveis.....	52
3.5.4.	Resistência aos insetos .....	52
3.5.5.	Resistência às doenças .....	53
3.5.6.	Vigor vegetativo das plantas.....	54
3.5.7.	Forma de fuste .....	54
3.5.8.	Tendência para desrama natural .....	55
	REFERÊNCIAS.....	55

ARTIGO 1: INTRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) E DE CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM CONSÓRCIO EM LAVRAS, MG..... 72

RESUMO ..... 72



ABSTRACT .....	74
1. INTRODUÇÃO .....	76
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	78
2.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	78
2.2. Implantação da castanheira-da-amazônia ( <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.) .....	80
2.3. Implantação de clones de seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müell. Arg.) .....	81
2.4. Análise das condições climáticas.....	82
2.5. Avaliação das plantas de castanheira-da-amazônia ( <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.) .....	83
2.6. Avaliação da seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müell Arg.).....	83
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	85
3.1. Castanheira-da-amazônia.....	85
3.1.1. Sobrevivência .....	85
3.1.2. Crescimento.....	88
3.2. Seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müell Arg.).....	102
3.2.1. Sobrevivência .....	102
3.2.2. Crescimento.....	104
4. CONCLUSÕES.....	117
AGRADECIMENTOS.....	117
REFERÊNCIAS.....	118

ARTIGO 2: DINÂMICA DE CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) E DE CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM UM CONSÓRCIO EM LAVRAS, MG 124

RESUMO .....	124
ABSTRACT .....	126
1. INTRODUÇÃO .....	127
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	129
2.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	129
2.2. Implantação da castanheira-da-amazônia ( <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.) .....	130
2.3. Implantação de clones de seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müell. Arg.) .....	132
2.4. Avaliação da castanheira-da-amazônia ( <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.) .....	132
2.5. Avaliação da seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müell. Arg.) .....	134
2.6. Análise dos dados .....	135
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	136
3.1. Castanheira-da-amazônia ( <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.).....	136
3.2. Seringueira .....	144
4. CONCLUSÕES .....	153
AGRADECIMENTOS.....	154
REFERÊNCIAS.....	154

PAPER 3: HEIGHT-DIAMETER EQUATIONS FOR BRAZIL NUT INTERCROPPED WITH RUBBER TREE IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS .....	160
ABSTRACT .....	160
RESUMO .....	161
1. Introduction.....	162
2. Materials and Methods .....	163
2.1. Seedling production .....	164
2.2. Field experiment.....	164
2.3. Data collection and modeling.....	165
3. Results and Discussion .....	166
4. Conclusions.....	168
Acknowledgements .....	169
References .....	169

## RESUMO GERAL

A castanheira-da-amazônia e a seringueira ocorrem naturalmente em regiões da Amazônia e são espécies reconhecidas mundialmente por sua castanha e látex, respectivamente. Em diversos estudos há informações sobre questões relacionadas com a produção das castanhas e os efeitos da coleta das mesmas sobre a regeneração dessa espécie. No entanto, não existem estudos em que foram avaliados o estabelecimento, o crescimento e os modelos hipsométricos da castanheira-da-amazônia fora de sua área de ocorrência natural. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de analisar o estabelecimento e dinâmica de crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) introduzidos em consórcio, em Lavras, MG, assim como ajustar equações hipsométricas para a castanheira-da-amazônia. As sementes de castanheira-da-amazônia foram coletadas em locais de ocorrência natural da espécie, no estado de Mato Grosso. As mudas foram produzidas em Lavras, MG, assim como o plantio em campo. O plantio seguiu o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 24 plantas por parcela, perfazendo um total de 96 plantas, dispostas no espaçamento 3 m x 3 m. As avaliações da castanheira-da-amazônia foram realizadas aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio em campo, mensurando a altura total (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP). Foram calculados a área basal (G) e o volume por planta (V/plt); o volume por hectare (V/ha) e a sobrevivência (S%) foram avaliados aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Com os dados de 16 anos após o plantio em campo, foram testados quatro modelos hipsométricos para a castanheira-da-amazônia, utilizando-se análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados. Os critérios usados de avaliação do ajuste foram o

coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ), o erro padrão da estimativa ( $S_{yx}\%$ ) e a análise gráfica dos resíduos. Para a seringueira, o espaçamento utilizado foi de 6m x 3m, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e três repetições, com quatro plantas por parcela, totalizando 72 plantas. As avaliações ocorreram aos 7, 8, 9, 11 e 13 anos, e abrangeram a sobrevivência, a altura total (H), a circunferência a 1,20 m (CAP) e a porcentagem de plantas aptas a sangria ( $CAP \geq 45$ ). Os dados de ambas as espécies foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao teste de média e à regressão, utilizando o software Statistic. Os dados de crescimento das espécies foram analisados em conjunto com as características climáticas do local de introdução e da região de ocorrência natural da espécie (para o caso da castanheira-da-amazônia). Constatou-se que a castanheira-da-amazônia introduzida em Lavras apresenta sobrevivência e dinâmica de crescimento satisfatório para a espécie fora do ambiente de ocorrência natural, sendo recomendada para reflorestamento. Os clones de seringueira apresentaram tanto dinâmica de crescimento como porcentagem de plantas aptas à sangria inferiores às observadas para os mesmos clones implantados em monocultivos, em outros locais no Brasil.

**Palavras-chaves:** Silvicultura; Reflorestamento; Relação hipsométrica; Espécies tropicais; Castanheira-do-brasil.

## ABSTRACT

The amazon chestnut and rubber tree naturally occurring in regions of the Amazon and these species are worldwide recognized for their nuts and latex, respectively. In several studies no information on issues related to the production of chestnuts its collection on the regeneration of this species. However, there are no studies that evaluated the establishment, growth and hypsometric models of the amazon chestnut of its natural range. Thus, this study was performed in order to examine the establishment and growth dynamics of the amazon chestnut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) and clones of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) introduced in consortium in Lavras, MG, Brazil, and to adjust hypsometric equations for the amazon chestnut. The seeds of amazon chestnut sites were collected in its natural habitat in the state of Mato Grosso. The seedlings were grown in Lavras, MG, as well as planting in the field. The planting followed a randomized block design with four replications and 24 plants per plot, for a total of 96 plants, arranged in spacing of 3 m x 3 m. Assessments of the amazon chestnut were performed at 0.33, 0.75, 1.08, 1.91, 2.5, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting on field, measuring the total height (H) and diameter at breast height (DBH). We calculated the basal area (G) and volume per plant (V / pt); volume per hectare (V / ha) and survival (S%) were assessed at 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting in field. With the data about 16 years after planting in the field, were tested four models for hypsometric amazon chestnut, using regression analysis by the least squares method. The criteria used to evaluate the fit were the adjusted coefficient of determination ( $R^2$ ), the standard error of estimate (Syx%) and graphical analysis of the residuals. For rubber tree, the spacing used was 6 m x 3m, the experimental design was a randomized block with six treatments and three replications with four plants per plot, totaling 72 plants. Assessments occurred at

7, 8, 9, 11 and 13 years, and covering survival, total height (H), circumference at 1.20 m (CAP) and the percentage of plants capable of sangria ( $CAP \geq 45$ ). The data from both species were subjected to analysis of variance (ANOVA), the average test and regression using the software Statistic. The growth data of species were analyzed together with the climatic characteristics of the experimental local and the introduction of its natural habitat (in case the amazon chestnut). It was found that the amazon chestnut introduced in Lavras presents survival and growth dynamics suitable for the species outside of naturally occurring and is recommended for reforestation. The rubber tree clones showed both dynamic growth as percentage of plants able to bleed lower than those for the same clones in monoculture deployed in other locations in Brazil.

**Keywords:** Forestry; Reforestation; Hypsometric relation; Tropical species; Amazon chestnut.

## 1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais apresenta grande potencial para plantios florestais homogêneos, mistos ou em sistemas agroflorestais, em áreas já alteradas pelas atividades de agricultura e pecuária. O interesse pelo reflorestamento na região de Lavras tem aumentado substancialmente, em decorrência da demanda regional por produtos florestais, principalmente para fins energéticos industriais.

Com a crescente escassez de madeira proveniente do extrativismo de espécies nativas e com a publicação da portaria do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) nº 001/96, Plano Integrado de Florestas (PIF), que disciplina sobre a reposição florestal obrigatória, vêm aumentando o interesse e a demanda sobre recomendação de espécies florestais, preferencialmente as nativas, adequadas para plantios em áreas alteradas (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS, 2012).

Sendo assim, é necessário o conhecimento da adaptação das espécies mais utilizadas pelo setor madeireiro e daquelas que são potenciais para uso futuro, como a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e a seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg), pois isso irá contribuir para o sucesso da implantação de povoamentos florestais e para o estabelecimento e o desenvolvimento do reflorestamento no estado (SOUZA et al., 2004).

O reflorestamento, por exercer importante função na proteção dos recursos hídricos e na recuperação de áreas degradadas, pode ser considerado como uma alternativa viável, do ponto de vista ecológico. Além disso, por apresentar alta demanda por mão de obra e pela expectativa de aumentos consideráveis nos preços dos produtos florestais, resultantes da escassez cada vez maior de madeira, tem grande função social e econômica, podendo vir a ser



uma fonte de renda considerável para os produtores rurais (TONINI; ARCO-VERDE, 2004).

Entre os principais critérios utilizados na seleção de espécies para reflorestamentos estão a adaptação em relação ao local de crescimento e a elevada produtividade (LAMPRECHT, 2000). O uso de uma espécie em local inadequado pode levar a alguns problemas, como produtividade inferior, elevada susceptibilidade ao ataque de pragas, falta de adaptação da espécie e produção de madeira com características indesejáveis.

A escolha correta de uma espécie somente pode ser feita por meio da experimentação, a qual fornece bases seguras para se determinar o grau de adaptação desta espécie, estimar a sua produtividade e avaliar o potencial ecológico da área (MACEDO, 1991). Os trabalhos dendrométricos, em geral, são relacionados com espécies introduzidas, de rápido crescimento, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, sendo as espécies nativas brasileiras, muitas vezes, alvo de poucos estudos, na maioria das vezes pela inexistência de informações relativas à sua ecologia, silvicultura e biometria (TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

Neste contexto, observa-se, até a presente data, que não há referências sobre testes de introdução de castanheira-da-amazônia fora da região de ocorrência natural da espécie. Com isso, o presente trabalho foi realizado com a finalidade de reunir e fornecer informações básicas de estabelecimento e crescimento da castanheira-da-amazônia e a seringueira, para incentivar plantios destas espécies no estado de Minas Gerais e na Amazônia.

A presente tese de doutorado está estruturada em forma de artigos científicos que serão submetidos à publicação em revistas científicas, tal como recomendam a Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFLA e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

Na primeira parte do trabalho apresentam-se os resultados de uma extensa revisão bibliográfica sobre os aspectos de cultivos da castanheira e seringueira, manejo destas espécies no seu hábitat, aspectos botânicos, características dendrológicas e fenológicas, clima e solo, dinâmica de crescimento e ajustes de equações hipsométricas para a castanheira e os aspectos gerais para a introdução de uma espécie.

O primeiro artigo foi elaborado com o objetivo de avaliar o potencial de estabelecimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e da seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), introduzidas em consórcio agroflorestal, em Lavras, sul do estado de Minas Gerais. No segundo artigo, o objetivo foi analisar a dinâmica de crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e da seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), em Lavras, MG. No terceiro artigo, o objetivo foi ajustar equações de relação hipsométrica para a castanheira-da-amazônia em um consórcio agroflorestal no município de Lavras, no estado de Minas Gerais.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o estabelecimento e a dinâmica de crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) introduzidos em consórcio, em Lavras, MG, assim como ajustar equações hipsométricas para a castanheira-da-amazônia.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais constituem uma prática milenar de manejo dos recursos naturais, tanto na Ásia como na América Latina, mas é uma ciência que se desenvolveu mais intensamente nas décadas de 1980 e 90. Com grande abrangência, eles têm sido adotados, com sucesso, em diversos ambientes biofísicos e socioeconômicos, desde regiões de clima úmido, semiárido ou temperado e sistemas de baixo nível tecnológico e uso de insumos à alta tecnologia, tanto em pequenas como em grandes áreas de produção, áreas degradadas ou de alto potencial produtivo (NAIR, 1990, citado por NAIR apud HOFFMANN, 2005).

Encontra-se, na literatura, um grande número de definições empregadas para conceituar o ato de combinar espécies florestais com culturas agrícolas e/ou pecuária. A seguir, são citadas algumas definições segundo alguns estudiosos do assunto.

Nair (1990) preconiza agroflorestas como um tipo de uso da terra que envolve a manutenção, a introdução ou a mistura de árvores, ou outros cultivos perenes, em sistemas de produção de culturas/animais, gerando benefícios resultantes de interações econômicas e ecológicas entre esses componentes.

Dubois (1996) define agroflorestas como formas de uso e manejo da terra, nas quais árvores e arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência temporal, incluindo, pelo menos, uma espécie florestal arbórea ou arbustiva.

Segundo Bene, Beal e Cote (1977), é um sistema de manejo sustentável da terra que aumenta a produção total, combinando cultivos agrícolas, culturas perenes (frutíferas) e essências florestais e/ou animais, simultaneamente ou

sequencialmente, aplicando práticas de manejo que são compatíveis com o padrão das populações locais.

No entanto, Lundgren (1982) considera que as agroflorestas são tecnologias para o aproveitamento das terras agrícolas, nas quais se combinam, deliberadamente, espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras e bambus), com cultivo herbáceo e/ou animal, na mesma unidade de gestão, com alguma de distribuição espacial e suas sequências cronológicas, proporcionando, assim, interações ecológicas e econômicas entre os distintos componentes.

Macedo (2000) relata que sistemas agroflorestais são considerados uma das alternativas de uso dos recursos naturais que, normalmente, causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitarem os princípios básicos de manejo sustentável dos agroecossistemas.

O termo agrofloresta foi dado às práticas que intencionalmente retêm ou plantam árvores em terra utilizada para agricultura ou pastoreio, com o objetivo de otimizar os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre seus componentes, a fim de se obter a maior diversidade de produtos, diminuir as necessidades de insumos externos e reduzir os impactos ambientais negativos das práticas agrícolas (GLIESSMAN, 2001). Para Altieri (2002), é um nome genérico que se utiliza para se descrever sistemas tradicionais de uso da terra amplamente utilizados, nos quais árvores são associadas no espaço e/ou no tempo com espécies agrícolas anuais e/ou animais, combinando, na mesma área, elementos agrícolas com elementos florestais, em sistemas de produção sustentáveis.

A utilização de sistemas agroflorestais tem sido defendida e recomendada, principalmente para regiões tropicais, especialmente nas mais úmidas, onde os fatores climáticos, edáficos e biológicos, geralmente, não são favoráveis à monocultura, mormente de larga escala, como hoje é praticada em todo o mundo.

Para Macedo, Vale e Venturim (2010), as técnicas têm sido desenvolvidas empiricamente e vêm sendo utilizadas há várias gerações, pelos índios e pelo homem do campo, em diferentes partes do mundo, mas só recentemente têm despertado interesse como atividade científica. Em geral, os sistemas têm sido apontados como de grande relevância por contribuírem para o desenvolvimento das comunidades rurais.

### **3.2. Características gerais da castanheira**

#### **3.2.1. Aspectos botânicos**

A castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie nativa da região Amazônica pertencente à família Lecythidaceae, com larga aceitação no mercado nacional e internacional, principalmente as suas amêndoas (RIBEIRO et al., 1999).

A família Lecythidaceae apresenta grande diversidade em matas higrófilas localizadas abaixo de 1.000 m de altitude. Poucas espécies ocorrem em cerrados, várzeas e em matas acima de 1.000 m. (MORI, 1987). No Brasil, onde ocorrem 54 das espécies e 2 subespécies de Lecythidaceae, há mais espécies desta família que em qualquer outro país do mundo (FLORA DO BRASIL, 2012).

#### **3.2.2. Distribuição geográfica e ocorrência natural**

A castanheira-da-amazônia, também denominada castanheira-do-pará, ocorre nos estados brasileiros do Acre, Amazonas, Pará, Roraima e Rondônia, bem como em boa parte do Maranhão, Tocantins e do Mato Grosso. A espécie ocorre também na Venezuela, na Colômbia, no Peru, na Bolívia e nas Guianas

(Figura 1), mas, no Brasil, existe em maior número e em formações compactas. Sua madeira é de ótima qualidade para a construção civil e naval, bem como para esteios e obras externas (LOUREIRO; SILVA; ALENCAR, 1979).

Após a decadência da borracha, a castanheira-da-amazônia passou a constituir o principal produto extrativo para exportação da região norte do Brasil, na categoria de produtos básicos. A exploração de exemplares nativos desta árvore é protegida por lei (Decreto nº 1.282, de 19 de outubro de 1994) e seu fruto tem elevado valor econômico como produto extrativo florestal, mas isso não impede seu plantio com a finalidade de reflorestamento, tanto em plantios puros quanto em sistemas consorciados (LOCATELLI; VIEIRA; GAMA, 2005).



**Figura 1.** Distribuição geográfica de populações naturais de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*). Fonte: Cavalcante (2008).

### 3.2.3. Características dendrológicas e fenológicas

A castanheira, segundo Loureiro, Silva e Alencar (1979), é considerada uma das plantas de maior valor da floresta amazônica. É uma árvore de grande porte, que pode atingir até 50 m de altura e 2 m de diâmetro na base, que apresenta fuste retilíneo, cilíndrico sem sapopemas, sendo desprovida de galhos até a copa, com casca marrom-escura e fendida longitudinalmente (Figura 2).



**Figura 2.** Fuste e copa da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl). IFAM-CMZL. Fotos: Caetano /Cassia Meireles (2012)

As folhas são alternadas e simples, oblongas e elípticas, não possuindo estípulas, com pecíolo que varia de 2 a 6 cm. A copa é aberta e globular, de 10 a 20 m de diâmetro (RIBEIRO et al., 1999).

Segundo Tonini (2011), o padrão fenológico da emissão de folhas da castanheira no estado de Roraima tende a variar anualmente e, ainda, que há uma maior proporção de indivíduos perdendo folhas entre os meses de agosto e outubro que na região de origem, caracterizando um período de transição entre a época seca e a chuvosa, com sensível redução de precipitação (Figura 3)



**Figura 3.** Folhas da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)

Fotos: Caetano/Meireles (2012).

Para Ribeiro et al. (1999), a inflorescência são panículas terminais e axilares e seu fruto é um pixídio lenhoso (Figura 4), globoso, com tamanho variável, que recebe o nome de “ouriço”, pesando de 500 g a 1,5 kg.



**Figura 4** - Ouriço da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Fotos: Caetano /Meireles (2012)



As flores são bissexuais (Figura 5), amarelas e só podem ser polinizadas por um inseto suficientemente forte para levantar o "capuz" da flor e que tenha uma língua comprida o bastante para passar pela complexa espiral da flor, como é o caso das abelhas dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema* e *Xylocopa*. As orquídeas produzem um odor que atrai pequenas abelhas-da-orquídea (de gênero *Euglossa*), de língua muito comprida, já que as abelhas-macho desta espécie precisam deste odor para atrair as fêmeas. As abelhas-da-orquídea fêmea polinizam a castanheira-do-brasil. Sem a orquídea, as abelhas não cruzariam e, portanto, a falta de abelhas significa que o fruto não é polinizado (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1987).



**Figura 5** - Inflorescência da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Fotos: Caetano/Meireles (2012)

Segundo Ribeiro et al. (1999), a floração da castanheira ocorre na passagem da estação seca para a chuvosa, o que, no leste da bacia Amazônica, ocorre de setembro a fevereiro, com pico de outubro a dezembro. Próximo a julho suas folhas caem; algumas ficam completamente sem folhas na estação seca. As flores são em grande número e duram apenas um dia. A frutificação

ocorre de novembro a agosto; os frutos demoram de 12 a 15 meses para amadurecer, após a floração e caem, principalmente, em janeiro e fevereiro.

De acordo com Tonini (2011), a floração da castanheira-da-amazônia é anual, longa e sincrônica e ocorre, predominantemente, durante a época de menor precipitação, por um período médio de seis meses.

O fruto contém um pequeno buraco em uma das pontas, o que permite que grandes roedores, como a cutia (*Dasyprocta aguti*), roam até abrir a cápsula. Eles comem, então, algumas das castanhas que encontram ali dentro e enterram as outras para uso posterior; algumas destas que foram enterradas acabam por germinar e produzem novas castanheiras (RIBEIRO et al., 1999).

As sementes, ou “castanhas”, são de forma angulosa, com tegumento córneo, tendo no seu interior a amêndoa, de grande utilidade e alto valor econômico (Figura 6).



**Figura 6** - Sementes da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Fotos: Caetano/Meireles 2012

Seu valor biológico é grande para fins alimentícios, pois a amêndoa desidratada tem em torno de 17% de proteína, cerca de cinco vezes o conteúdo proteico do leite bovino *in natura*. Fator importante, também, é que a proteína da castanha apresenta os aminoácidos essenciais ao ser humano. O teor de gordura

da amêndoa desidratada é extremamente alto, em torno de 67% (NASCIMENTO, 1984; ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1987).

A madeira da castanheira caracteriza-se por ser moderadamente pesada, com densidade variando de 0,70 a 0,75g/cm<sup>3</sup>, cerne marrom-claro e alborno castanho-amarelado ou acinzentado, grã-direita e textura média. Apresenta secagem artificial muito lenta, sofrendo rachaduras e empenamentos; a madeira é de boa durabilidade, tanto em contato com o solo quanto com a água (NASCIMENTO, 1984; ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1987).

#### **3.2.4. Tecnologia de semente e produção de mudas**

Segundo Locatelli et al. (2005), a aquisição de sementes poderá ser feita junto aos coletores de castanha, tomando-se o cuidado de adquirir sementes de árvores sadias e de alta produtividade. O período de coleta das sementes é entre os meses de outubro a março. É importante procurar coletar de árvores que produzam sementes grandes, cuidando para utilizar sementes novas, que não tenham perdido a umidade. Ao selecioná-las, dar preferência a sementes cheias, grandes e largas. Um dos maiores problemas para a formação de mudas refere-se à germinação, ocorrendo, normalmente, de 12 a 18 meses após a sementeira. Com o avanço das pesquisas, é possível indicar, hoje, três processos diferentes de formação de mudas de castanheira: sementeira com sementes com tegumento, sementeira com sementes com tegumento escarificado (esmerilhados) e sementeira com sementes sem tegumento.

Para os mesmos autores, o processo mais eficiente é o da sementeira de sementes sem tegumento, o qual requer um trabalho mais cuidadoso na retirada

de tegumento, mas que possibilita uma germinação de 70%, com apenas três meses de semeadura.

A fim de que o processo de retirada do tegumento seja facilitado, devem-se colocar as sementes em água por um período de 48 horas. Em seguida, utiliza-se uma prensa apenas para trincar o tegumento; o descasque total pode ser feito com um alicate especial, com a ponta semelhante ao bico do papagaio ou empregando-se um canivete comum. No momento de descascar, utilizar a faca ou canivete, com muito cuidado, para apenas rachar a casca ou o tegumento da semente. Depois, proceder à retirada total da casca, utilizando-se alicate ou estilete (LOCATELLI et al., 2005).

Para Muller e Calzavara (1989), a sementeira que deve ser utilizada é a suspensa, feita de madeira, com caixa na altura de 1 m acima do solo, podendo a mesma ser construída embaixo de um ripado com 50% de sombra, ou ter cobertura própria. Com o objetivo de prevenir o ataque de roedores, utiliza-se uma saia de lata nas pernas-mancas verticais da sementeira, na altura de 50 cm a partir do solo, e cobre-se com uma tela de arame toda a extensão da caixa da sementeira. Como substrato, utilizar areia lavada, colocando-a e espalhando-a com as mãos ou uma ripa, sem prensar, nivelando e regando após a semeadura.

Segundo os mesmos autores, o semeio deve ser considerado uma das etapas mais importantes, deitando-se as sementes sob a areia, colocando-se o polo radicular de onde se originará a raiz (parte mais grossa) voltado para baixo e o caulicar à profundidade de 1 cm da superfície do substrato. Quando existir dúvida sobre o lado do polo radicular, colocar a semente na posição horizontal.

A rega deve ser feita logo em seguida, repetindo-se a cada dois dias ou conforme a necessidade. A germinação inicia-se dez dias após a semeadura, podendo se estender até cinco meses; aos oitenta dias já terá ocorrido 70% da germinação.

A castanheira é uma árvore com altas taxas de sobrevivência, à exceção das etapas iniciais da vida, quando ainda tem endosperma, reserva da semente que também é recurso alimentar para cutias (*Dasyprocta* spp.) e outros mamíferos terrestres. A predação do endosperma, parte integrante do caule, causa a morte da plântula, especialmente quando a reserva não está lignificada (OLIVEIRA, 2000; ORTIZ, 2002; ZUIDEMA, 2003 apud SCOLES, 2010).

Segundo Zuidema e Boot, citados por Scoles (2010), em um estudo de dinâmica populacional na Bolívia, a probabilidade de sobrevivência das plântulas de *B. excelsa* é relativamente alta, inclusive para os tamanhos menores (altura < 35 cm), com pelo menos 50% de sobreviventes por ano. A partir de 70 cm de altura, as plântulas passam a ter um índice de sobrevivência próximo a 100%.

### **3.2.5. Clima**

A castanheira ocorre naturalmente em clima quente e úmido, onde ocorrem os tipos climáticos Aw, Am e Af, de acordo com a classificação de Köppen, mas concentra-se, especialmente, em locais com Aw ou Am. Ocorre em áreas onde a precipitação média varia de 1.400 a 2.800 mm/ano e onde ocorre déficit hídrico de dois a cinco meses (CLEMENT, 2000). A temperatura média anual ideal para o cultivo oscila entre 24,3 °C e 27,2 °C; a média anual da umidade relativa do ar entre 79% e 86%, variando durante os meses entre 66% e 91% e não suporta ventos frios (DINIZ; BASTOS, 1974).

### **3.2.6. Solos**

A castanheira é uma espécie encontrada, principalmente, em solos pobres, bem estruturados e drenados, argilosos ou argilo-arenosos, sendo sua

maior ocorrência nos solos de textura média a pesada. Não é encontrada em áreas com drenagem deficiente nem em solos excessivamente compactados, adaptando-se bem em terras firmes e altas. No entanto, Muller et al. (1995) afirmam que as castanheiras-da-amazônia preferem solos argilosos ou argilo-arenosos de textura média a pesada.

Segundo Clement citado por Tonini (2011), no leste da Amazônia, as castanheiras ocorrem em oxissolos e ultissolos, pobres em nutrientes, porém, bem estruturados e drenados, não sendo encontradas em solos excessivamente compactados.

Segundo Locatelli, Vieira e Gama (2005), a análise química do solo de plantio de castanheira-da-amazônia (Argissolo Vermelho Amarelo distrófico plântico, textura argilosa), em Porto Velho, Rondônia, demonstrou que a castanheira-da-amazônia apresenta bom desenvolvimento em altura e diâmetro quando em solos com pH ácido, baixos valores de saturação de bases, solo distrófico, baixa capacidade de troca de cátions e altíssimos valores de saturação de alumínio.

### **3.2.7. Métodos de cultivo**

Segundo Revilla (2000), o cultivo de castanheira-da-amazônia é realizado por meio de mudas que, em todos os casos, são obtidas das sementes, podendo estar associado ao cultivo de pastagem nos espaçamentos 20 m x 10 m ou 25 m x 15 m ou, ainda, nas associações com outras espécies perenes, como cacau (*Theobroma cacao* L.), guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.).

### 3.2.8. Castanheira em sistemas agroflorestais

No Brasil, e em particular na Amazônia, numerosas estratégias alternativas têm sido propostas para balancear o que se convencionou denominar conservação e desenvolvimento. Algumas delas têm recaído sobre o estabelecimento de áreas de preservação – parques ou reservas –, enquanto outras são baseadas na conversão de áreas florestadas em áreas agricultadas e pecuarizadas, implementadas na forma de sistemas mistos com árvores e/ou culturas perenes (MYERS, 1980).

Para o mesmo autor, muitas dessas áreas que estão passando por um processo de conversão, o que implica modificação ou profundas transformações, estão perdendo algo tão importante quanto as áreas designadas para proteção. Esse autor afirma, ainda, que as áreas protegidas estão perdendo o lucro potencial, devido à grande quantidade de madeira e outros produtos extraídos ilegalmente, mediante violação de fronteiras ou proibição total de uso dos recursos. Por outro lado, áreas convertidas estão perdendo um grande número de espécies, devido ao aumento da criação de animais, agricultura itinerante, monocultivos ou extração de madeira. Ao mesmo tempo, essas áreas não estão sendo muito eficazes na diminuição da pobreza, que continua sendo o problema mais sério da Amazônia.

A castanheira-da-amazônia é uma espécie promissora para a formação de sistemas agroflorestais e um importante componente para a reabilitação de áreas abandonadas e degradadas na Amazônia Central (COSTA et al., 2009). Para estes mesmos autores, a espécie obteve valores significativos para as variáveis morfométricas, crescimento em altura, DAP e produção volumétrica, confirmando um excelente desempenho silvicultural, com destaque para o sítio com melhores condições edáficas.

Os sistemas agroflorestais no contexto do agroextrativismo passaram a ser uma estratégia-chave no desenvolvimento agrícola da Amazônia, em contraponto ao modelo economicista implantado ao longo dos últimos cinquenta anos, que constitui um sistema monocromático e estanque. É monocromático porque é monocultural e é estanque porque é excludente, ou seja, não permite maior participação de potenciais beneficiários, ao mesmo tempo em que é também destrutivo. Aparentemente, a mais impressionante e notada característica dos sistemas agroflorestais é sua enorme diversidade de estratégias (SANCHEZ, 1995).

Para Dubois (1996), os sistemas agroflorestais vão muito além de um simples modo de exploração da terra; de fato, eles oferecem segurança alimentar, restabelecem a fertilidade do solo, conservam esse mesmo solo e a água e proveem as necessárias rações para animais e lenha para consumo doméstico. Os sistemas agroflorestais ainda contribuem para a geração de renda, auxiliam na resolução de conflitos de terra e no estabelecimento de políticas de crédito, além de encorajar ações politicamente corretas e estimular processos mais justos de tomadas de decisão.

A conversão de sistemas agrícolas convencionais em sistemas agroflorestais aumenta a estabilidade dos agroecossistemas, protege-os de alterações ambientais, melhora as propriedades químicas e físicas do solo e reduz o risco de erosão devido, principalmente, à formação da serapilheira e ao aumento da matéria orgânica (KRISHNAMURTHY; ÁVILA, 1999). Para os mesmos autores, soma-se a isso a demanda por benefícios econômicos, por segurança alimentar e por um desenvolvimento sustentável, que propicia novas oportunidades para agricultores e empresários envolvidos nesse processo.



### **3.2.9. Implantação de cultivos racionais e preservação de sítios de ocorrência**

A preservação de castanhais, principalmente em áreas de expansão de fronteira agrícola, deve ser priorizada no sentido de manter o germoplasma existente “in situ” a baixo custo, além de proporcionar áreas de refúgio e alimentação para os animais silvestres.

Segundo Silva, Leite e Gripp (1986), a castanheira é uma espécie considerada de alta prioridade para a conservação da biodiversidade genética, entre outros fatores, por ser uma espécie de gênero monoespecífico. A preservação dos sítios de ocorrência dessa espécie e sua incorporação ao processo produtivo são medidas de grande importância para a conservação do germoplasma e para proporcionar agroecossistemas mais compatíveis com o ecossistema da região.

O cultivo racional da castanheira visando à produção de sementes tornou-se viável depois dos trabalhos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a Embrapa (MULLER et al., 1980). Os sistemas de plantio a serem adotados devem, na medida do possível, manter uma maior diversidade de espécies perenes, além de possibilitar o consórcio com culturas anuais ou pastagens, como os sistemas agroflorestais.

### **3.2.10. Dinâmica de crescimento da castanheira**

A castanheira é uma árvore de grande porte, podendo atingir até 50 m de altura e chegar a mais de 2 m de diâmetro, na base (VILHENA, 2004). Muller et al. (1995) consideram que a castanheira, ao lado de outras essências florestais, é uma excelente alternativa para o reflorestamento de áreas degradadas de pastagens ou de cultivos anuais na Amazônia, tanto para a produção de frutos

como para a extração de madeira. Com fuste retilíneo, cilíndrico, sem sapopemas e desprovido de galhos até a copa, apresenta-se como espécie de grande potencial silvicultural para reflorestamentos com fins madeiros (TONINI; ARCO-VERDE, 2004).

Scoles (2010) observou que o crescimento, em altura e diâmetro, das mudas plantadas na região do rio Trombetas, ao longo de dois anos, dependeu do tipo de tratamento natural de luz a que foram submetidos os indivíduos de *B. excelsa*. As áreas de roçado destacaram-se como as parcelas nas quais as mudas se desenvolveram melhor, com diferenças significativas quando comparadas com os outros dois tratamentos. Assim, em média, as mudas de roçado cresceram, em altura, 13 vezes mais ( $ICMh = 102,1 \text{ cm ano}^{-1}$ ) que as de capoeira ( $ICMh = 7,8 \text{ cm ano}^{-1}$ ) e quase 30 vezes mais que as de castanhal nativo ( $ICMh = 3,4 \text{ cm ano}^{-1}$ ). As mudas de roçado cresceram, em diâmetro, 4,4 vezes mais ( $ICMd = 19,3 \text{ mm ano}^{-1}$ ) que as de capoeira ( $ICMd = 4,4 \text{ mm ano}^{-1}$ ) e 7,7 vezes mais que as de castanhal nativo ( $ICMd = 2,5 \text{ mm ano}^{-1}$ ). Ressalta-se que as diferenças de desempenho entre as áreas de castanhal nativo e capoeira não são estatisticamente significativas, havendo, no entanto, clara tendência favorável ao tratamento de capoeira.

Em plantios homogêneos de dez anos de idade, em Manaus, AM, para a produção de madeira serrada e frutos, sobre um Latossolo Vermelho Amarelo, com espaçamento de 3 m x 3 m, Fernandes e Alencar (1993) observaram os seguintes resultados: o crescimento médio em diâmetro foi de 13,9 cm, a altura total média de 15,41 m, a área basal média por hectare foi de 11,7 m<sup>2</sup>/ha e o volume médio de 117,3 m<sup>3</sup>/ha, sendo o incremento médio anual de 11,7m<sup>3</sup>/ha/ano

Neves (1995) avaliou a sobrevivência de plantas de castanheira, em Manaus, após 6 e 12 meses após plantio e observou a sobrevivência de 100% em plantios a pleno sol, e de 90% em seis meses e 92% após um ano, em plantios

sob sombra. No entanto, Vieira, Locatelli e Souza (1998) avaliaram o crescimento da castanheira-da-amazônia sob dois sistemas de cultivo, em solos de baixa fertilidade, em Rondônia, em monocultivo e consorciado com cupuaçu, banana e pimenta-do-reino, no qual observaram que o crescimento em altura foi beneficiado pelo consórcio, ao contrário da sobrevivência, que foi afetada negativamente. No monocultivo, a altura média foi de 12,25 m e o diâmetro médio, de 21,08 cm; no consórcio, essas medidas foram de 12,95 m e 20,72 cm, respectivamente.

Segundo Locatelli, Vieira e Gama (2005), os dados de plantios de castanheira-da-amazônia, em diferentes espaçamentos e com diferentes idades, no estado de Rondônia, têm demonstrado se tratar de uma espécie com potencial silvicultural para reflorestamento com fins madeireiros e que, aos 18 anos, o diâmetro estimado é de 44,3 cm, apto para a produção de madeira, com tendência a estabilizar depois dos 32 anos de idade.

Para o mesmo autor, no plantio em consórcio, a sobrevivência das plantas de castanheira é menor. O DAP não é influenciado por este tipo de plantio. No que diz respeito à altura, observou-se que ela é favorecida pelo plantio consorciado. Aos 16 anos após plantio, em Machadinho d'Oeste, RO, as árvores em parcela consorciada apresentaram 29 m de altura e 42 cm de DAP, enquanto, no plantio solteiro, os dados foram de 28 m e 43 cm, respectivamente.

Segundo Tonini e Arco-Verde (2005), a castanheira apresentou valores superiores para o diâmetro, a área de copa e profundidade de copa, comparados com os da andiroba, o ipê-roxo e o jatobá, em Roraima. Esse é um indicativo de que essa espécie desenvolve copas maiores e mais vigorosas, por isso necessita de maior espaço vital e exige maiores espaçamentos iniciais. No entanto, sua copa foi menos eficiente em manter um mesmo incremento médio anual em diâmetro.

Tonini, Arco-Verde e Sá (2005), estudando o crescimento da castanheira em plantios homogêneos no estado de Roraima, demonstraram que esta espécie atingiu o incremento médio anual, aos sete anos, de  $14,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ , sendo superior ao observado em árvores crescendo em florestas naturais.

Em outro estudo, Costa et al. (2009) encontraram diâmetro máximo de 38,48 cm e altura média de 20,93 m, registrados nos sistemas agroflorestais e concluíram que o crescimento em altura, o DAP e a produção volumétrica, bem como os valores obtidos das variáveis morfométricas, confirmaram excelente desempenho silvicultural da castanheira, com destaque para o sítio com melhores condições edáficas. A castanheira-da-amazônia é uma espécie promissora para a formação de sistemas agroflorestais e um importante componente para a reabilitação de áreas abandonadas e degradadas na Amazônia como um todo.

### **3.2.11. Ajustes de modelos hipsométricos para a castanheira**

Relação hipsométrica é definida como a relação existente entre o diâmetro medido a 1,30 m do solo (DAP) e a altura das árvores. Esta relação é de grande interesse nas atividades de inventário florestal, visto que o custo de medição de altura é alto e sua obtenção tende a tornar os inventários florestais mais lentos (SCOLFORO, 2005). Para o mesmo autor, em inventário florestal, é comum medir o DAP de todas as árvores da unidade amostral e a altura de parte delas. Estes pares de diâmetro e altura formam a base de dados para se proceder ao ajuste de modelos. O conjunto desses dados é utilizado para se ajustar uma equação de altura em função do diâmetro, a qual será utilizada para estimar as alturas das demais árvores da parcela. Esta modelagem torna os trabalhos de inventários mais práticos e econômicos.

Por se tratar de estimativas, é preciso escolher sempre modelos que retratem a verdadeira realidade dos dados. Plácido et al. (2004) e Soares et al. (2004) comentam que a grande dificuldade da escolha do melhor modelo para representar a relação hipsométrica deve-se a não linearidade da relação entre as variáveis envolvidas e às restrições impostas aos parâmetros dos modelos, por razões biológicas.

Diversos são os fatores que influenciam a relação hipsométrica, dos quais se podem citar idade, sítio, densidade, posição sociológica e comprimento de copa (SCOLFORO, 2005).

Segundo Soares, Paulo Neto e Sousa (2006), a altura de uma árvore é uma variável difícil de obter em florestas naturais densas e de dossel superior elevado. Como alternativa para solucionar este problema, tem-se a utilização de equações hipsométricas, que permitem estimar a altura por meio do seu diâmetro à altura do peito (DAP). Este é um procedimento usual para florestas plantadas com espécies de rápido crescimento.

Para estimar o crescimento em diâmetro e altura em função da idade, Ferreira e Tonini (2011) testaram os modelos de Schumacher, Backman e Prodan, para a castanheira, na região de Confiança, em Cantá, no estado de Roraima, utilizando como critérios de seleção o coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ), o erro padrão de estimativa em porcentagem, o índice de Furnival e a análise de distribuição dos resíduos.

Tonini, Arco-Verde e Sá (2005) estudaram o crescimento e a seleção de equações hipsométricas para quatro espécies florestais nativas, dentre estas a castanheira-da-amazônia, visando identificar espécies promissoras para o plantio em programas de reflorestamentos e em sistemas agroflorestais no estado de Roraima. Os autores concluíram que a equação hipsométrica de Prodan apresentou melhor ajuste para todas as espécies.

Tonini, Costa e Kaminski (2008), em um estudo com duas populações nativas de castanheira-da-amazônia, na região sul do estado de Roraima, avaliaram a relação altura-diâmetro, a qual foi obtida por análise de regressão, tendo sido testados seis modelos. A seleção da melhor equação foi realizada observando-se os critérios do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ), o erro padrão de estimativa em porcentagem (Syx %), o índice de Furnival (para as equações logarítmicas) e a análise gráfica da distribuição dos resíduos em porcentagem.

### **3.3. Características gerais da seringueira**

#### **3.3.1. Aspectos botânicos**

A seringueira, *Hevea brasiliensis* Müell. Arg., é uma planta da família Euphorbiaceae, originária da região amazônica. É uma árvore tipicamente florestal que foi domesticada, frequentemente encontrada nas margens dos rios, em lugares úmidos, às vezes inundáveis e em áreas de terra firme na sua região de origem (ARAÚJO, 2005).

Segundo o Instituto Agronômico de Campinas (2011), *Hevea brasiliensis* é a espécie cultivada mais importante, do ponto de vista comercial. A produção mundial de borracha natural, em 2011, foi de 10.974 mil toneladas, para um consumo de 10.924 mil toneladas, dos quais mais de 8.577 mil toneladas são originários do Sudeste Asiático, envolvendo países como Tailândia (30,93%), Indonésia (22,66%), Malásia (9,08%), Índia (8,10%) e Vietnã (7,40%). Em 2011, a Tailândia produziu 3.394 mil t; a Indonésia, 2.487 mil t e a Malásia, 996 mil t. No mesmo ano, o Brasil produziu 135 mil t, cerca de 1,23% da produção mundial

A família Euphorbiaceae é uma das maiores e mais variáveis famílias de dicotiledônea em todo o mundo, especialmente nos trópicos e subtropicais, somando, aproximadamente, 7.500 espécies e 300 gêneros. Nas Américas ocorrem cerca de 2.500 espécies, em 92 gêneros, tanto em terras baixas como em região montana (RIBEIRO et al., 1999). Para estes mesmos autores, espécies de Euphorbiaceae têm, sem dúvida, grande importância econômica e social na região Amazônica. A seringueira foi o recurso natural mais explorado na bacia amazônica e o principal produto de exportação brasileiro, no início do século XX, promovendo grandes migrações e o florescimento das principais cidades da região, atividade que entrou em decadência com o cultivo da espécie no sudeste asiático.

### **3.3.2. Distribuição geográfica e ocorrência natural**

O centro primário de diversidade genética do gênero *Hevea* é a região do rio Negro, na confluência com o rio Amazonas, proximidades do município de Manaus. Já o centro secundário abrange uma vasta área nas proximidades do município de Borba, no baixo rio Madeira (WYCHERLEY, 1977).

Espécies de *Hevea* ocorrem naturalmente em países como Bolívia, Brasil, Colômbia, Guiana Francesa, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela. Todas as espécies ocorrem no Brasil, exceto *Hevea microphylla* Ule. (PRIYADARSHAN; CLEMENT-DEMANGE, 2004). Entretanto, o cultivo comercial vem se estendendo em uma ampla faixa, com diferentes condições edafoclimáticas. No Brasil, os plantios estão se expandindo para latitudes de 19° a 25° S, incluindo Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e o norte do Paraná, evidenciando a grande adaptabilidade da seringueira às mais diversas condições ecológicas (GOUVÊA, 2009).

### **3.3.3. Características dendrológicas e fenológicas**

A madeira da seringueira caracteriza-se por ser leve, mole, de baixa durabilidade natural e de alburno indistinto, com densidade em torno de 0,45 g/cm<sup>3</sup> (LORENZI, 2008). Segundo Ribeiro et al. (1999), a seringueira é, sem dúvida, de grande importância econômica e social na região Amazônica. É uma árvore de grande porte, que pode atingir de 20 a 30 m de altura, com tronco de 30 a 60 cm de diâmetro, revestido por casca parda e escamosa. Suas folhas são compostas trifolioladas, com folíolos elípticos a oblongo-elípticos, membranáceos e glabros (LORENZI, 2008). Ainda de acordo com este mesmo autor, a seringueira floresce a partir de agosto, prolongando até o início de novembro. Suas flores são amareladas, dispostas em panículas axilares. Seu fruto é tricoca com deiscência explosiva e sua maturação ocorre no período de abril a maio.

### **3.3.4. Tecnologia de semente e produção de mudas**

A propagação da seringueira é feita por meio de sementes, obtendo-se mudas de pé franco, de raiz pivotante, de fácil crescimento (ARAÚJO, 2005). Segundo Lorenzi (2008), as sementes, logo que colhidas, devem ser postas para germinar em seguida, em canteiros ou diretamente em recipientes individuais contendo substrato organo-arenoso, com a carúncula virada para baixo. Deve-se cobri-las até a metade de sua altura com o substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia (pois a viabilidade do armazenamento é menor que 90 dias).

A emergência ocorre em 20 a 40 dias e a taxa de germinação, geralmente, é alta. As mudas são transplantadas do canteiro para embalagens individuais quando alcançam entre 4 a 6 cm, as quais ficam prontas para o



plântio no campo entre 4 a 6 meses; no caso de se preparar mudas enxertadas, esta é a época de serem plantadas em viveiros, no campo (LORENZI, 2008).

A propagação vegetativa por meio da enxertia é o processo convencional para a produção de mudas de seringueira, tanto no estado da Bahia quanto em qualquer outra região produtora. Para isso é necessária a instalação de infraestruturas básicas, ou seja, jardins clonais e viveiros. Os viveiros a pleno sol são os mais comuns. As mudas podem também ser preparadas em sacolas plásticas, tubetes ou, até mesmo, enxertadas no local definitivo de plântio (MARQUES, 2000).

De acordo com Pereira (1992), a enxertia, de modo geral, consiste na substituição da parte aérea de uma planta jovem pela de outro indivíduo portador de características mais desejáveis do que a parte aérea da planta original. A parte aérea enxertada, da qual faz parte o tronco a ser explorado, provém de clone selecionado, apresentando características de alta produção, tolerância a enfermidades criptogâmicas e outros caracteres vegetativos (arquitetura de copa) e fisiológicos favoráveis à sua exploração racional.

Os clones de seringueira devem apresentar características agrônômicas importantes, tais como precocidade, alta produção de borracha, resistência a doenças foliares, arquitetura adequada de copa e baixa densidade foliar, o que proporcionaria um sombreamento mais adequado e de qualidade para outros vegetais (MARQUES, 2000).

Segundo Gonçalves et al. (1991), são recomendados, para plântio em grande escala, nas condições do planalto paulista, os seguintes clones: GT 1, PB 235, PB 255, PR 107, PR 255, PR 261, RRIM 600, RRIM 701, IAN 873 e AVROS 1328. Vale ressaltar que esses clones apresentaram também boa performance no sudeste asiático e na África. Para os mesmos autores, os clones GT 1, PB 255, PR 255 e RRIM 600 e RRIM 701 apresentaram bom potencial de produção de látex e resistência de moderada a boa à quebra pelo vento. O clone IAN 873 tem mostrado alta incidência de plantas quebradas pelo vento e

tolerância à deficiência hídrica. O clone GT 1, apesar do seu crescimento mais lento, tem apresentado também boa tolerância ao frio e à seca.

### **3.3.5. Aspecto econômico e perspectiva de mercado**

Os países asiáticos Tailândia, Indonésia, Malásia, China e Vietnã são os mais importantes produtores mundiais de borracha natural, respondendo por cerca de 90% do total mundial. O Brasil ocupava o nono lugar na produção mundial, em 2003, produzindo 101,5 mil toneladas, o que corresponde a 1,4% do total (MORCELI, 2003).

Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (2011), a produção brasileira de borracha natural foi de 135 mil toneladas, no ano de 2011, cerca de 1,23% da produção mundial. A produção do estado de São Paulo correspondeu a 54,55%, seguido dos estados de Mato Grosso, 25% e Bahia, com 11,55%, e os demais estados respondem por 8,90% da produção de borracha natural brasileira.

Em âmbito nacional, os estados de São Paulo, Mato Grosso, Bahia e Espírito Santo são os principais produtores, sendo São Paulo responsável pela maior parcela, o que lhe confere a condição de principal produtor de borracha natural do Brasil. Somente este estado, particularizando as áreas de escape, tem 14 milhões de hectares aptos à heveicultura (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2004).

De acordo com Ribeiro (2006), em seu auge, a borracha chegou a significar 40% do valor total das exportações brasileiras e ocupava cerca de um milhão de pessoas em toda a região produtora. Seguiu-se a crise, pois, internacionalmente, foram encontrados substitutos para a borracha amazônica. Segundo Francisco, Bueno e Baptistella (2004), apesar de todos os desafios, o cultivo da seringueira no Brasil está se estabelecendo como uma atividade lucrativa e sustentável. A produção ainda é pequena, mas cresce

substancialmente a cada ano, em virtude, principalmente, da indústria nacional (pneumática e artefatos), que tem apresentado grande disposição para seu consumo, o que deixa evidente o promissor potencial de investimentos no setor agrícola produtivo.

### **3.3.6. Clima**

Para a cultura da seringueira, Ortolani et al. (1983) e Ortolani (1986) apontam como preferenciais as áreas que apresentam temperatura média anual superior a 20° C, evapotranspiração real anual acima de 900 mm, deficiência hídrica anual entre 0 e 300 mm e umidade relativa do ar inferior a 65%, no mês mais seco do ano. Embora o total anual de precipitação seja menos relevante, os autores citam que, no estado de São Paulo, são alcançadas produtividades de até 1.500 kg/ha de borracha seca, em áreas com chuvas anuais de 1.200 mm.

Segundo Gasparotto et al. (1990), nas condições brasileiras, a deficiência hídrica estacional torna-se essencial, visando condicionar o escape da cultura às doenças foliares, especialmente o mal-das-folhas, durante o reenfolhamento do seringal. A seringueira, apesar de sua origem amazônica, entre as latitudes de 3° N e 15° S, tem sido cultivada comercialmente com sucesso em diversas partes do mundo, entre as latitudes de 22° N, na China e 25° S, em São Paulo. Este fato evidencia sua grande capacidade de adaptação a vários padrões edafoclimáticos (ORTOLANI et al., 1983).

Segundo Sethujaj (1985), a seringueira jovem é afetada desfavoravelmente por estresses como secas prolongadas e baixas temperaturas no inverno. No entanto, após o desenvolvimento e o aprofundamento do seu sistema radicular, apresenta bom desenvolvimento e produção em áreas com deficiência hídrica anual de até 300 mm, tolerando muito bem, no estado de São Paulo, as secas dos anos de 1961, 1963 e 1985.

### 3.3.7. Solo

Segundo Lorenzi (2008), a seringueira ocorre, preferencialmente, em solos argilosos e férteis da beira de rios e várzeas, porém, no contexto geral, a espécie é pouco exigente em fertilidade do solo. Os solos para a seringueira devem apresentar boas propriedades físicas, ser bem estruturados, com textura média e argilosa, profundos, bem drenados e com declividade variável. Embora a heveicultura mundial esteja implantada sobre solos ácidos e pobres, têm sido observadas respostas positivas no desenvolvimento e na produção dos seringais, com a utilização de solos naturalmente mais férteis ou com adição de fertilizantes (HAAG, 1983; REIS, 1979; REIS; SANTANA; CABALAROSAND, 1984; DOMINGUES, 1994).

A seringueira desenvolve-se bem em solos de textura leve, profundos e bem drenados, ligeiramente ácidos (pH 4,5-5,5), em altitudes até 600 m (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2004). Em estudo realizado por Cunha et al., citado por Marto (2007), foi observado um melhor comportamento do seringal nos Latossolos, quando comparados aos Podzólicos, que apresentam forte restrição mecânica à penetração das raízes, porosidade globalmente reduzida e drenagem interna muito deficiente. Os resultados obtidos pelo autor ressaltam que a seringueira é planta exigente em propriedades físicas do solo, requerendo solos profundos, porosos, bem drenados, de textura argilosa e com boa retenção de umidade. As condições físico-hídricas são de extrema importância, considerando que a planta necessita retirar do solo grande quantidade de água para suportar uma produção de látex que chega a conter 68% de água.

### **3.3.8. Seringueira em sistemas agroflorestais**

Um dos grandes desafios para atender à grande demanda por produção de borracha natural é oferecer, aos proprietários de terras, alternativas e informações técnicas que tornem a implantação de florestas uma atividade atraente e, sob este prisma, o conhecimento do comportamento agrossilvicultural das espécies nativas e agrícolas é condição primordial para a implantação de estratégias e projetos de recomposição por meio do reflorestamento (LOPES JÚNIOR et al., 2007).

Na exploração da seringueira, ao longo período entre a fase de plantio e o início de exploração, este é um fato que desestimula a atração de investidores, sendo também a razão do manejo ineficiente em alguns plantios. Uma alternativa para solucionar este problema é o emprego de sistemas agroflorestais que envolvam o plantio de culturas intercalares de ciclo curto e semiperene. Na fase adulta do seringal, é oportuna a consorciação com culturas perenes, a fim de adicionar receitas ao sistema explorado. Tais estratégias são eficazes por anteciparem a fase produtiva, adicionarem valor, permitirem um melhor desenvolvimento dos cultivos e assegurarem o incremento da renda na fase adulta (VIRGENS-FILHO, 2003).

A seringueira é uma espécie nativa utilizada dentro de consórcios com cultivos anuais, cultivos perenes e semiperenes. Segundo Pereira, Leal e Ramos (2006), há vários sistemas agroflorestais, dentre os quais o de seringueira com cafeeiro tem sido estudado, recomendado e utilizado de forma temporária (quebra-vento) ou permanente, com vantagens para ambas as culturas, nas mais diversas regiões produtoras de borracha natural e café. Dentre outras alternativas, destacam-se os consórcios seringueira x pastagem, seringueira x pupunha (palmito), etc. (MACEDO et al., 2006; RODRIGUES et al., 2009).

### **3.4. Aspectos gerais para a introdução de espécies**

Considerando que o princípio ideal que deve sustentar a indicação das espécies é colocar cada uma nos lugares mais apropriados, é necessário trabalhar com muita cautela, evitando colocá-las em situações marginais ou inadequadas. As consequências mais frequentes do plantio de uma espécie num meio desfavorável são o aparecimento de doença ou ataque de insetos, as crises fisiológicas, a abscisão de folhas no período de estiagem, a baixa percentagem de sobrevivência e a senilidade precoce (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978).

Segundo a Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1975), para que a introdução tenha êxito, é necessário que exista uma coincidência ecológica entre o lugar de origem e de destino, ou seja, a necessidade de uma exata harmonização das condições edafoclimáticas entre a região natural e os novos locais de introdução, que varia inversamente com o grau de adaptabilidade das espécies envolvidas.

#### **3.4.1. Fatores climáticos**

Segundo Golfari, Caser e Moura (1978), para fins de introdução de espécies, devem-se levar em consideração somente os elementos climáticos que servem para diferenciar as regiões, ou que melhor exprimem as exigências e as tolerâncias das espécies. O total de precipitação, examinado como elemento em si, tem pouco valor, se não for correlacionado com a temperatura. Grande importância tem seu regime de distribuição, que pode ser periódico, com predominância das precipitações no verão ou no inverno, ou uniforme, pois a atividade das plantas está, em grande parte, submetida à disponibilidade de água.

A distribuição dos vegetais está condicionada, em primeiro lugar, aos fatores climáticos e, em segundo, aos edáficos. Pelas precipitações anuais e

temperaturas, o clima é que determina esta distribuição (GOMES; CÂNDIDO; OLIVEIRA, 1977).

Outra condição importante é conhecer os desvios sobre as normais de precipitação e também a sua frequência. Por exemplo, um ano ou um ciclo de anos anormalmente secos podem criar condições críticas de vida para uma espécie considerada estabelecida numa região, como ocorreu em algumas áreas com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Sm (GOLFARI, 1975).

Segundo a Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1956), geralmente, quando uma espécie tem ampla área de distribuição, ela adapta-se melhor aos diferentes tipos de precipitações. Como exemplo, pode-se citar o *Eucalyptus camadulensis* Dehn que, na Austrália, ocorre em praticamente todos os estados e territórios.

Gomes, Cândido e Oliveira (1977) comentam que a quantidade de precipitação pode ocasionar um aumento de crescimento, quando, na região de introdução, esta é maior que na região de origem. Caso contrário, será difícil que a espécie se adapte com êxito, salvo se a deficiência for compensada por neblinas costeiras ou de montanhas, por temperaturas mais baixas ou por solos mais profundos.

Da temperatura dependem todos os processos biológicos e bioquímicos. A temperatura média anual e os limites de variação no ciclo anual representam importantes fatores de apreciação. Existem espécies que requerem grandes variações térmicas entre as estações opostas, ou seja, invernos frios e verões quentes, e outras que preferem temperaturas elevadas, tanto nos invernos como nos verões, e também outras adaptadas a climas de baixa eficiência térmica. As temperaturas máximas absolutas, aparentemente, não têm influência sobre o estabelecimento de uma espécie, ao contrário das temperaturas mínimas absolutas, que podem representar um fator limitante para algumas espécies,

como acontece com o *Eucalyptus saligna*, no planalto meridional do Brasil, devido à ocorrência de fortes geadas (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978).

### **3.4.2. Fatores edáficos**

Golfari, Caser e Mora (1978) citam que as condições de solo têm influência relevante sobre a produção volumétrica. Porém, nos estudos de viabilidade para a implantação de maciços florestais, o clima é, normalmente, o primeiro fator de aptidão ecológica a ser estudado. Em outras palavras, é o clima, com seus múltiplos fatores, que condiciona a possibilidade de cultivo de uma espécie ou procedência, enquanto o solo regula o nível de produção. Além disso, a experiência mundial indica que, na fase inicial de introdução e experimentação de espécies, as condições edáficas não resultam determinantes e decisivas como as climáticas. Portanto, convém, primeiro, escolher as espécies adequadas e, depois, solucionar os problemas de solo, caso existam, nos diferentes locais (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978).

A profundidade dos solos pode ser decisiva para o crescimento das espécies florestais, pois se sabe que, em solos profundos, há maior disponibilidade de nutrientes (GOLFARI; PINHEIRO NETO, 1970). A topografia determina, frequentemente, relações de textura, profundidade, fertilidade e umidade do solo, de modo que constituem fatores predominantes na escolha de espécies (GOMES; CÂNDIDO; OLIVEIRA, 1977).

### **3.5. Características de avaliação do comportamento das espécies**

Qualquer discordância entre as condições ecológicas reinantes no ambiente de origem e no de introdução, como diferenças estacionais no fornecimento de água ou no regime da temperatura, produz, inevitavelmente,



alterações fisiológicas e mudanças no ritmo vegetativo, com os mais variados comportamentos. Para avaliar estes efeitos, durante os trabalhos de campo, torna-se necessário fazer um diagnóstico de todos os sinais indicativos de normalidade e anormalidade reconhecíveis nos plantios. Estas informações indicarão se as espécies têm encontrado, no novo ambiente, condições de vida ótimas, boas, marginais ou inadequadas (GOLFARI, 1975).

Gomes, Cândido e Oliveira (1977) comentam que, geralmente, a avaliação dos resultados de experimentos de introdução de espécies é realizada no final do ciclo de corte. Entretanto, é possível correlacionar os resultados obtidos em idades jovens com os que serão obtidos nas idades mais avançadas.

Ferreira e Araújo (1981) comentam que, também em função da necessidade de se definir a curtíssimo prazo as espécies e procedências mais adequadas, os testes de espécies e procedências são, em geral, efetuados conjuntamente. A fase de amostragem ampla serve para determinar as espécies e a procedência, que têm potencial razoável de adaptação e produtividade. A duração desta fase deve ser de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  da rotação comercial, ou seja, deve ser rápida, simples e de avaliação sumária e servirá de base para o planejamento da fase de amostragem restrita.

As principais características utilizadas para avaliação do comportamento e adaptação das espécies são descritas a seguir.

### **3.5.1. Competição e dinâmica de crescimento**

A competição intraespecífica é aquela que, segundo Sakai (1961), ocorre quando diferentes genótipos entram em competição por diversos fatores. Mather (1961) enfatizou que a competição acontece entre organismos coabitando um ambiente e quando a soma de suas necessidades excede os suprimentos

disponíveis ou, então, quando a soma das atividades desenvolvidas ultrapassa os recursos disponíveis.

Não existe uma simples definição de competição entre plantas adequada a todas as situações (SHIMIZU, 1985). Um ecólogo pode defini-la como sendo a habilidade de plantas ou grupos de plantas, geralmente, no âmbito de espécie, para colonizar mais eficientemente e tornar-se dominante num ambiente. Na área florestal, a competição pode ser definida como a habilidade que uma árvore tem de interagir com outras e produzir maior ou menor quantidade de volume de madeira.

Mori (1987) comenta que espécies com ritmo de crescimento semelhante apresentam respostas diferenciadas quanto à competição. Ainda para o mesmo autor, o *Eucalyptus dunnii* Maiden é mais susceptível à competição que *E. saligna* que, por sua vez, é mais susceptível que *E. grandis* e *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake.

Os crescimentos em altura e diâmetro não surgem como competitivos quanto aos nutrientes, pelo menos nas árvores que apresentam superfície fotossintética normal (MEYER et al., 1973). Segundo a Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1981), à medida que as árvores se tornam maiores, a competição por umidade intensifica-se e a tensão causada pela seca limita mais fortemente o crescimento nas regiões secas.

Pitelli et al. (1987) citam que as capinas e o manejo dos cultivos, principalmente durante os dois primeiros anos do plantio, justificam-se, pois, de modo geral, os eucaliptos não toleram a competição com plantas daninhas.

A avaliação da importância relativa dos vários fatores do meio ambiente e a identificação dos processos ecofisiológicos por meio dos quais o crescimento diferencial das espécies é afetado se apresentam como tarefas complexas. Kramer e Kozowsky (1960), baseados em alguns autores, teceram os seguintes comentários:

a) sendo os processos fisiológicos multicondicionados, o estudo dos efeitos resultantes das variações verificadas num dado fator não pode indicar com precisão o papel por ele desempenhado na natureza. Além disso, podem ser produzidos modelos semelhantes de crescimento por diferentes combinações de fatores, por ser incorreto considerar como limitante um só fator. O intervalo de tolerância relativo a um fator do meio pode variar em fases distintas do desenvolvimento. Considerando-se estas dificuldades, parece que, muitas vezes, podem-se considerar alguns fatores mais importantes do que os restantes no sucesso ou no insucesso global das plantas em um dado meio. Os fatores limitantes operam dentro de um ambiente complexo;

b) em geral, o crescimento em diâmetro é mais afetado do que o crescimento em altura pela umidade do solo. O crescimento em diâmetro mostra-se mais dependente da fotossíntese corrente do que a altura. Além disso, para muitas espécies, grande parte do crescimento em altura completa-se logo no início do período vegetativo, antes que a umidade do solo seja reduzida a um nível limitante, ao passo que, normalmente, o engrossamento continua até muito tarde;

c) têm sido realizadas algumas tentativas para correlacionar o crescimento com a precipitação. Afigura-se que, normalmente, o crescimento em altura está mais correlacionado com a precipitação do ano precedente do que a do ano corrente. Já o crescimento em diâmetro parece mais sensível à precipitação anual e é, sobretudo, regulado pelos fatores genéticos.

Lima (1975) cita que as pesquisas realizadas nas últimas décadas têm revelado que o crescimento estacional, e mesmo diário, das árvores está mais

diretamente correlacionado com as flutuações da água no solo do que qualquer outro fator do meio. À medida que o solo se torna mais seco, a absorção de nutrientes é reduzida, surgem déficits hídricos nas folhas, o processo de fotossíntese e os processos circulatórios são diminuídos e o crescimento dos meristemas, em consequência, fica prejudicado.

### 3.5.2. Sobrevivência

A Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1981) considera preponderante a avaliação da capacidade de sobrevivência pós-plantio para testes de introdução de espécies. A magnitude da sua importância pode ser percebida pela seguinte constatação: sobre um sítio pobre, não se pode esperar que nem a mais adequada das espécies produza um rendimento tão elevado como o das espécies mais apropriadas para um sítio rico.

Por exemplo, *E. grandis* sobre um sítio fértil, em um clima úmido tropical, produzirá sempre mais e melhor que *E. camaldulensis* sobre o mesmo sítio e *Eucalyptus camaldulensis* Dehn sobre um sítio seco, porém, *E. camaldulensis*, em um solo relativamente estéril e com forte estação seca, produzirá mais e melhor que *E. grandis*, devido às elevadas perdas deste último por causa da seca.

Como regra geral, a transferência muito brusca de uma espécie para um clima mais hostil que o da sua região de origem pode ter um efeito fisiológico direto, que se evidencia por sobrevivência e crescimentos menores.

De acordo com Golfari (1975), quando uma espécie é plantada em lugar inadequado, observa-se elevada mortalidade de plantas, devido aos fatores ambientais diversos. O crescimento das árvores, assim como os demais processos fisiológicos, aumenta a habilidade de sobrevivência e os

desenvolvimentos que se processam são limitados, principalmente pela capacidade de produção de carboidratos (SPURR, 1964).

Kramer e Kozloswski (1960) comentam que as diferenças no hábito e na eficiência de enraizamento inicial são as causas de discrepâncias entre várias espécies quanto à capacidade de sobrevivência pós-plantio e que a recuperação rápida do sistema radicular após o transplante é, muitas vezes, o fator mais importante da sobrevivência, em que as baixas proporções entre superfícies radicular e foliar verificadas em algumas espécies constituem importante fator limitante da absorção de água.

### **3.5.3. Resistência aos agentes bióticos e abióticos desfavoráveis**

Quando uma espécie é plantada em lugar inadequado, ela fica mais susceptível aos ataques de fungos ou insetos e apresenta menor resistência para superar condições de “estresse” ambientais (GOLFARI, 1975; LARA, 1978; LARCHER, 2000).

### **3.5.4. Resistência aos insetos**

Painter (1951) definiu a resistência das plantas aos insetos como a soma dos fatores hereditários das plantas, a qual influencia o resultado do grau de dano que o inseto causa, o que, em outras palavras, representa a capacidade que têm certas plantas de alcançar maior produção e melhor qualidade do que outras variedades sob as mesmas condições. Ressalta o autor que a resistência é um conceito relativo, isto é, implica sempre a comparação de duas ou mais plantas.

### 3.5.5. Resistência às doenças

Uma das tarefas da patologia florestal, segundo Ferreira (1989), é a de, pelo menos, relatar a ocorrência de uma determinada doença de um hospedeiro vegetando sob condições ecológicas típicas, pois tal informação possibilitará conhecer as causas pelas quais as árvores de interesse não estão numa condição normal ou sadia.

Normalmente, para se avaliar a resistência das plantas e doenças, os parâmetros a serem medidos são expressos, unicamente, em termos de incidência e/ou de severidade (HOSFALL; COWLING, 1978). James e Shih (1973) definiram incidência como o número de unidades de plantas infectadas, expresso em percentagem do total de unidades avaliadas (percentagem de plantas ou folhas infectadas, por exemplo) e severidade, como a área do tecido da planta afetada pela doença, expressa em percentagem de área total.

Com base nos conceitos expostos fica claro que a incidência é uma medida qualitativa de doença (a entidade está ou não doente) e pode ser avaliada acuradamente por meio simples de contagem, ao passo que a severidade é uma medida quantitativa e sua avaliação, além de estar mais sujeita a erros, é também mais trabalhosa. Segundo Zadoks e Schein (1979), a severidade é descrita dividindo-se em categorias ou classes a amplitude entre nenhuma doença e máxima quantidade de doença.

Ferreira (1989) considera que as manchas foliares causadas por patógenos requerem atenção fitopatológica porque induzem à redução da área fotossintética do hospedeiro, de maneira direta, pela presença das lesões, e de maneira indireta, e mais importante, provocando a desfolha prematura do órgão atacado.

### **3.5.6. Vigor vegetativo das plantas**

A bibliografia sobre vigor vegetativo é incipiente, carecendo, inclusive, de uma definição explícita do termo em questão. Apoiando-se nas definições de “vigor de semente” propostas por vários autores, todos citados por Popinigis (1985), foi extrapolada a base conceitual destas para explicar “vigor vegetativo de plantas”. Assim, vigor vegetativo pode ser definido como a soma de todos os atributos das plantas que favorecem o estabelecimento rápido e uniforme de uma população inicial no campo, mesmo sob condições desfavoráveis.

O vigor vegetativo é uma característica fisiológica determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente, que governa a capacidade de uma planta para estabelecer-se eficientemente e alcançar um nível de crescimento e desenvolvimento suficientes para manter uma produtividade adequada. É o limite sob o qual a planta tolera satisfatoriamente uma gama de fatores ambientais. Trata-se da condição de uma planta que está no auge do seu potencial, quando todos os fatores que possam prejudicar sua manifestação estão ausentes e aquelas que caracterizam uma “boa” planta estão presentes nas proporções certas, promovendo um desempenho satisfatório na variação máxima das condições ambientais.

Baseando-se nessas definições, considerou-se, para o presente estudo, vigor vegetativo como sendo a expressão máxima do conjunto de características ecomorfofisiológicas das plantas, que denotam maior ou menor grau de adaptação das espécies frente à interação genótipo x ambiente.

### **3.5.7. Forma de fuste**

Segundo Gomes, Cândido e Oliveira (1977), um fuste reto, independentemente das características genéticas, indica boa adaptação da

espécie. A forma do tronco é uma característica extremamente variável entre espécies e, mesmo dentro de algumas espécies, em função das procedências, a qualidade do tronco está bastante relacionada com a sua forma que, por sua vez, é importante na determinação da qualidade da madeira, como ressaltam Kageyama (1977), Rosa (1982), Yared (1983) e Caser (1984).

### **3.5.8. Tendência para desrama natural**

Em relação à desrama natural, Kramer e Kozlowski (1960) citam que a morte dos ramos inferiores sombreados das árvores crescendo em povoamentos parece dever-se à sua incapacidade de competir pela água com os ramos superiores expostos à luz. A redução da intensidade de luz verificada nos ramos inferiores das árvores dos povoamentos florestais provoca um decréscimo na fotossíntese, resultando em menor concentração de solutos, forças osmóticas mais fracas e enfraquecimento na capacidade de disputar a água com os ramos mais iluminados, que realizam uma fotossíntese mais intensa e, além disso, constituem um consumidor de alimentos elaborados por outros ramos.

A ausência de ramificação, o diâmetro, o ângulo de implantação dos galhos, a tendência para produzir ramos laterais e a derramagem naturais são características hereditárias (PASZTOR, 1962).

## **REFERÊNCIAS**

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002.



ARAUJO, V. C. **Roçados ecológicos: sistemas de plantios baseados na fenologia das espécies para um rendimento sustentado.** Manaus: Gráfica Silva, 2005.

BENE, J. G.; BEAL, H. W.; COTE, A. **Trees, food and people: land management in the tropics.** Ottawa: International Development Research Centre, 1977.

CASER, R. L. **Variações genéticas e interações com locais em *Pinnus tropicais* e suas associações com parâmetros climáticos.** 1984. 116 f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CAVALCANTE, M. C. **Visitantes florais e polinização da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo na Amazônia central.** 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza.

CLEMENT, C. R. Domestication of Amazonian fruit-crop: past, present and future. In: VIEIRA, I. C. C. et al. (Ed.). **Diversidade biológica e cultural da Amazônia.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2000. p. 347-367.

COSTA, J. R. et al. Aspectos silviculturais da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.

DINIZ, T. D. de A. S.; BASTOS, T. X. Contribuição ao clima típico da castanha-do-brasil. **Boletim Técnico do IPEAN**, Belém, n. 64, p. 59-71, 1974.

DOMINGUES, F. de A. **Nutrição mineral e crescimento de seringais em início de exploração no Estado de São Paulo**. 1994. 59 f. Tese (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**: volume 1. Rio de Janeiro: REBRAAF, 1996.

FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após plantio. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 23, n.2/3, p. 191-198, 1993.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal**: principais doenças florestais do Brasil. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989.

FERREIRA, L. M. M; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá – Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, 835–842, 2009.

FERREIRA, M.; ARAUJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para testes de procedência**. Curitiba: IBDF, 1981. (Documento, 6).

FLORA DO BRASIL. Lista de espécies flora do Brasil. Disponível em:  
<[http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?mode=sv&group=Root\\_.Angiospermas\\_&family=Root\\_.Angiospermas\\_.Lecythidaceae\\_&genus=&species=&author=&common=&occurs=1&region=&state=&phyto=&ende](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?mode=sv&group=Root_.Angiospermas_&family=Root_.Angiospermas_.Lecythidaceae_&genus=&species=&author=&common=&occurs=1&region=&state=&phyto=&ende)>

mic=yes&origin=&vegetation=&last\_level=subspecies&listopt=1>. Acesso em: 01 ago. 2012.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BUENO, C. R. F.; BAPTISTELLA, C. S. L. A cultura da seringueira no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 9, p. 31-42, set. 2004. Disponível em: <[www.iesa.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec3-0904.pdf](http://www.iesa.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec3-0904.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2011.

GASPAROTO, L. et al. **Enfermidades da seringueira no Brasil**. Manaus: CPAA, 1990. (Circular Técnica, 3).

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: “processos ecológicos em agricultura sustentável”. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado, 1975. (Série Técnica, 3).

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado, 1978. (Série Técnica, 11).

GOLFARI, L.; PINHEIRO NETO, F. A. Escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para diferentes regiões do Brasil. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 17-38, 1970.

GOMES, J. M.; CÂNDIDO, J. F.; OLIVEIRA, L. M. Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 72-88, 1977.

GONÇALVES, P. de S. et al. **Clones de *Hevea***: influência dos fatores ambientais na produção e recomendação para plantio. Campinas: IAC, 1991. (Boletim técnico, 138).

GOUVÊA, L. R. L. **Divergência genética em seringueira estimada através de técnicas multivariadas e marcadores moleculares microssatélites**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas. Disponível: <[www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/.../Ligia%20Gouvea.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/.../Ligia%20Gouvea.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2011.

HAAG, H. P. **Nutrição e adubação da seringueira no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1983.

HOFFMANN, M. R. **Sistema agroflorestal sucessional**: implantação mecanizada: um estudo de caso. 2005. 59 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília.

HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. Pathometry: the measurement of plant disease. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **Plant disease**: an advanced treatise. New York: Academic Press, 1978. p. 119-136.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **A importância da borracha natural**. Campinas: IAC, 2012. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/importancia.php>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Formas de exploração alternativas**. Campinas: IAC, 2011. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro\\_cafe/seringueira/explor.htm](http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/explor.htm)>. Acesso em: 24 dez. 2011.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O Cultivo da Seringueira (*Hevea spp.*)**. Belém: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2004. Disponível em: <[http://www.iapar.br/zip\\_pdf/cultsering.pdf](http://www.iapar.br/zip_pdf/cultsering.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. Reposição florestal. **Informativo Técnico**, Brasília, n. 3, 2002. Disponível: <[www.ibama.gov.br/](http://www.ibama.gov.br/)>. Acesso: 30 jul. 2012.

JAMES, W. C.; SHIH, C. S. Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust on winter wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 63, n. 1, p. 183-187, 1973.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética entre procedência de *Pinus oocarpa* Schied na região de Agudos-SP**. 1977. 83 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960.

KRISHNAMURTHY, L.; ÁVILA, M. **Agroforestería básica**. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1999. (Série Textos Básicos para la Formación Ambiental, 3).

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Manaus: GTZ, 2000.

LARA, F. M. **Princípios da resistência de plantas a insetos**. Piracicaba: Livros Ceres, 1978.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/USP, 1986.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000.

LIMA, W. P. **Estudos de alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus***. 1975. 111 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

LOCATELI, M. et al. **Cultivo da castanha-do-Brasil em Rondônia**. Rondônia: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Castanha/CultivodaCastanhadoBrasilRO/autores.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

LOCATELI, M.; VIEIRA, A. H.; GAMA, M. de M. B. **Cultivo da castanha-do-Brasil em Rondônia**. Rondônia: Embrapa, 2005. (Sistema de produção, 7).

Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

LOPES JUNIOR, W. et al. Desenvolvimento de sistema agroflorestal com seringueira no oeste do Estado de São Paulo. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 5, n. 9, p. 01-017, fev. 2007. Disponível em: <[www.revista.inf.br/florestal09/pages/artigos/ARTIGO\\_06.pdf](http://www.revista.inf.br/florestal09/pages/artigos/ARTIGO_06.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil: volume 1. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: CNPq, 1979.

LUNDGREN, B. Introduction. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 3-6, 1982.

MACEDO, R. L. G. **Avaliação holística da fase juvenil do teste de introdução de espécies de *Eucalyptus* na Baixada Cuiabana, Mato Grosso**. 1991. 231 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACEDO, R. L. G. et al. Dinâmica de crescimento de seringueira e produção de cafeeiros em sistemas agroflorestais implantados em Lavras - Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 7, p. 47-57, 2006.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIM, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010.

MARQUES, J. R. Seringueira. **Jornal Ceplac Notícias**, Mato Grosso do Sul, dez. 2000. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/seringueira.htm>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

MARTO, G. B. T. *Hevea brasiliensis* (Seringueira). **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, 2007. Disponível em: <[http://www.ipef.br/identificacao/hevea\\_brasiliensis.asp](http://www.ipef.br/identificacao/hevea_brasiliensis.asp)>. Acesso em: 03 jan. 2012.

MATHER, K. Competition and cooperation. In: SYMPOSIA OF THE SOCIETY EXPERIMENTAL BIOLOGY, 15., 1961, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Cambridge University Press, 1961. p. 264- 281.

MEYER, B. et al. **Introdução à fisiologia vegetal**. Lisboa. Fundação: Calouste Gulbenkian, 1973.

MORCELI, P. **Borracha natural**: situação atual e perspectiva. Brasília: CONAB, 2003.

MORI, E. S. **Efeitos da competição intraespecífica na seleção de árvores superiores de *Eucalyptus saligna* Smith**. Piracicaba. 1987. 79 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.



MORI, S. A. Biologia da polinização em Lecythidaceae. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 1, n. 2, supl. 1, p. 121-124, 1987a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 25 dez. 2011.

MÜLLER, C. H. et al. **Castanha-do-Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1995.

MÜLLER, C. H. et al. **Castanha-do-Brasil**: resultados de pesquisa. Belém: EMBRAPA, 1980. (Miscelânea, 2).

MÜLLER, C. H.; CALZAVARA, B. B. G. **Castanha-do-Brasil**. Belém: EMBRAPA, 1989. (Recomendações Básicas, 11).

MYERS, N. **Conversion of tropical moist forests**. Washington: National Academy of Sciences, 1980.

NAIR, P. K. R. **The prospect for agroforestry in the tropics**. Washington: World Bank, 1990.

NASCIMENTO, C. N. B. **Amazônia**: meio ambiente e tecnologia agrícola. Belém: EMBRAPA, 1984. (Documentos, 27).

NEVES, E. J. M. Espécies madeiráveis (nativas e exóticas) para áreas desmatadas de terra-firme. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém. **Anais...** Rio Piedras: International Institute of Tropical Forestry, 1995. p. 167-170.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA  
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. **Especies forestales productoras  
de frutas y otros alimentos.** Roma: FAO, 1987.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA  
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. **El eucalipto en la repoblación  
florestal.** Roma: FAO, 1981.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA  
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. **Eucalypts for planting.** Roma:  
FAO, 1975.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA  
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. **El eucalipto en la repoblación  
florestal.** Roma: FAO, 1956.

ORTOLANI, A. A. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. In: SIMPÓSIO  
SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO,  
1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1986. p. 11-32.

ORTOLANI, A. A. et al. Aptidão agroclimática para regionalização da  
heveicultura no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE  
RECOMENDAÇÕES DE CLONES DE SERINGUEIRA, 1., 1983, Brasília.  
**Anais...** Brasília: Ministério da Indústria e Comércio, 1983. p. 19-39.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants.** New York: MacMillan,  
1951.

PASZTOR, Y. P. C. Seleção de fenótipos. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 265-283, 1962.

PEREIRA, J. P. **Seringueira, formação de mudas, manejo e perspectiva no noroeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. Disponível: <[www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1077](http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1077)>. Acesso: 27 dez. 2011.

PEREIRA, J. P.; LEAL, A. C.; RAMOS, A. L. M. Sistemas agroflorestais com seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 6., 2006, Campos dos Goytacazes. **Resumo...** Campos dos Goytacazes: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2006. p. 141-158.

PITELLI, R. A. et al. Efeitos de períodos de convivência e de controle de plantas daninhas na cultura do *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1987. p. 107-119.

PLACIDO, A. C. et al. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de Bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 517-533, jul./ago. 2004.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1985.

PRIYADARSHAN, P. M.; CLEMENT-DEMANGE, A. Breeding *Hevea* Rubber: formal and molecular genetics. **Advances in Genetics**, New York, v. 52, p. 51-115, 2004.

REIS, E. L.; SANTANA, C. J. L.; CABALA-ROSAND, P. Influência da calagem e adubação na produção da seringueira no sul da Bahia. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 14, n. 1, p. 33-44, jan./mar. 1984.

REIS, L. **Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento da seringueira *Hevea brasiliensis* Muell Arg. no Sul da Bahia**. 1979. 61 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis**. Manaus: SEBRAE, 2000.

RIBEIRO, J. E. L. S. et al. **Flora da reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999.

RIBEIRO, D. O. Brasil caboclo. IN: RIBEIRO, D. O. **O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006. p. 278-305.

RODRIGUES, V. G. S. et al. **Aspectos agronômicos e de sustentabilidade em sistemas agroflorestais com café robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia**. Rondônia: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.asb.cgiar.org/pdfwebdocs/aspectosagronomicoscafe.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2012.

ROSA, P. R. F. **Teste de procedência de *Pinus oocarpa* Schied em três regiões do Estado de São Paulo**. 1982. 84 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual São Paulo, São Paulo.

SAKAI, K. Competitive ability in plants. Its inheritance and some related problems. In: SYMPOSIA OF THE SOCIETY EXPERIMENTAL BIOLOGY, 15., 1961, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Cambridge University Press, 1961. p. 245-263.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. **Agroforestry Systems**, New York, v. 30, p. 5-55. 1995.

SCOLES, R. **Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira**. 2010. 193 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: parte I: modelos de regressão linear e não-linear; parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. (Textos Acadêmicos).

SERRÃO, E. A. S. **Pecuária na Amazônia**: a evolução da sustentabilidade das pastagens substituindo floresta. Brasília: Senado Federal, 1990. (Palestra apresentada no Seminário “Economia da agricultura na Amazônia”).

SETHUJAJ, M. R. Physiology of growth and yield in *Hevea brasiliensis*. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1985. **Proceedings...** Kuala Lumpur: RRIM, 1985. p. 1-16.

SHIMIZU, J. Y. **Inter-family competition in lobloly pine and its effects in genetic tests**. 1985. 64 f. Tese (Ph. D.) - North Carolina Stste University, Raleigh.

SILVA, J. A.; LEITE, E. J.; GRIPP, A. Estratégia para conservação genética de espécies florestais prioritárias na Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, p. 535-548, 1986.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUSA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SOARES, T. S. et al. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 845-854, nov./dez. 2004.

SOUZA, C. R. et al. Seleção de espécies florestais para utilização em sistemas agroflorestais em Manaus, AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 2004.

SOUZA, M. H. **Substituição da madeira de castanheira *Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

SPURR, S. H. **Forest ecology**. New York: Ronald Press, 1964.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do Estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 123-131, jan./mar. 2011.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 445-447, jul./set. 2008.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, jul. 2005. Disponível em: <[http://www.prodemb.cnptia.embrapa.br/busca.jsp? baseDados](http://www.prodemb.cnptia.embrapa.br/busca.jsp?baseDados)>. Acesso em: 17 mar. 2012.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. O crescimento da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. **Comunicado Técnico**, Boa Vista, n. 5, ago. 2004. Disponível em: <<http://www.prodemb.cnptia.embrapa.br/busca.jsp?baseDados>>. Acesso em 17 de março de 2012.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005.

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F. **Crescimento de castanha-do-Brasil em dois sistemas de cultivo**. Porto Velho: EMBRAPA, 1998.

VILHENA, M. R. **Ciência, tecnologia e desenvolvimento na economia da castanha-do-Brasil**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIRGENS-FILHO, A. C. Efeitos da adubação NPK e da calagem na fertilidade do solo e na produção da seringueira no estado de São Paulo. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, v. 15, n. 1, p. 61-68, 2003.

WYCHERLEY, P. R. The genus *Hevea*. In: WORKSHOP ON INTERNATIONAL COLLABORATION IN HEVEA BREEDING AND THE COLLECTION AND ESTABLISHMENT OF MATERIALS OF NEOTROPICS, 1977, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: RRIM, 1977.

YARED, J. A. G. **Comportamento e variabilidade de procedências de *Cordia alliodora* (Ruiz e Pav) Oken, no planalto do Tapajós-Belterra-PA**. 1983. 109 f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979.



**ARTIGO 1: INTRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) E DE CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM CONSÓRCIO EM LAVRAS, MG**

**RESUMO**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o potencial de estabelecimento e crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) introduzidas em consórcio, em Lavras, MG. As sementes de castanheira-da-amazônia foram coletadas em locais de ocorrência natural da espécie, no estado de Mato Grosso. As mudas foram produzidas em Lavras, MG, assim como o plantio em campo. O plantio seguiu o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 24 plantas por parcela, perfazendo um total de 96 plantas, dispostas no espaçamento 3 m x 3 m. As avaliações da castanheira foram realizadas aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio em campo, mensurando a altura total (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP). A sobrevivência (S%) foi avaliada aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. O plantio da seringueira na área foi realizado três anos após o plantio da castanheira. Para a seringueira, o espaçamento utilizado foi de 6 m x 3 m, sendo cada linha de seringueira intercalada por duas linhas de castanheira. O delineamento experimental utilizado para os clones de seringueira foi o de blocos casualizados com seis tratamentos (clones de seringueira: PB235; IAC 15; IAN 3193; PR 255; IPA 1 e RRIM 600) e três repetições, com quatro plantas por parcela, totalizando 72 plantas. As avaliações dos clones de seringueira ocorreram aos 7,

8, 9, 11 e 13 anos após o plantio em campo, sendo avaliadas a altura total (H), a circunferência a 1,2 m do solo (CAP) e a sobrevivência. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de média. Constatou-se que a castanheira-da-amazônia introduzida em Lavras, MG, apresenta sobrevivência e crescimento favoráveis para reflorestamento na região. Mas, os clones de seringueira introduzidos no consórcio apresentaram crescimento inferior ao observado para os mesmo clones implantados em monocultivos, em outros locais do Brasil.

**Palavras-chave:** castanheira-do-brasil, silvicultura, reflorestamento, variáveis climáticas.

**ABSTRACT****INTRODUCTION AND GROWTH OF THE CHESTNUT-AMAZON (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) AND CLONES OF RUBBER TREES (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) INTERCROPPED IN LAVRAS, MG**

This study was conducted to analyze the potential for establishment and growth of the amazon chestnut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) and rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) introduced in the consortium in Lavras, MG, Brazil. The seeds of amazon chestnut were collected in its natural habitat in the state of Mato Grosso. The seedlings were grown in Lavras, MG, as well as planting in the field. The planting followed a randomized block design with four replications and 24 plants per plot, for a total of 96 plants, arranged in 3 m x 3 m spacing. Assessments were made of chestnut to 0.33, 0.75, 1.08, 1.91, 2.5, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting in the field, measuring total height (H) and diameter at breast height (DBH). The survival (% S) was assessed at 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting in the field. The rubber tree planting area was installed three years after planting of the amazon chestnut. For rubber tree, the spacing used was 6 m x 3 m, each line of rubber tree sandwiched by two rows of amazon chestnut. The experimental design for the clones of rubber was a randomized block with six treatments and three replications with four plants per plot, totaling 72 plants. Evaluations of rubber tree clones occurred at 7, 8, 9, 11 and 13 years after planting in the field and evaluated the total height (H), the circumference at 1.2 m above the ground (CAP) and survival. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the mean test. It was found that the amazon chestnut introduced in Lavras, MG, presents favorable survival and growth for reforestation in the region. But the rubber tree clones introduced in

the consortium grew less than that observed for the same clones in monoculture deployed in other parts of Brazil.

**Keywords:** Brazil chestnut; Forestry; Reforestation; Climate variables.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente escassez de madeira proveniente do extrativismo de espécies florestais nativas e com a publicação da portaria do IBAMA 001/96 Plano Integrado de Florestas (PIF), que refere à reposição florestal obrigatória, são crescentes o interesse e a demanda por recomendação de espécies florestais, preferencialmente as nativas, adequadas para plantios em áreas alteradas.

Para atender a esta demanda, os reflorestamentos e os consórcios de espécies florestais se destacam como alternativas viáveis, do ponto de vista ecológico, principalmente por exercerem importante função na proteção dos recursos hídricos e na recuperação de áreas degradadas. Além disso, por apresentarem alta demanda por mão de obra e pela expectativa de aumentos consideráveis nos preços dos produtos florestais, resultantes da escassez cada vez maior de madeira, têm grande função social e econômica, podendo vir a ser uma fonte de renda considerável para os produtores rurais (TONINI; ARCO-VERDE, 2004).

O estado de Minas Gerais apresenta grande potencial para plantios florestais homogêneos, mistos ou em sistemas agroflorestais, em áreas já alteradas pelas atividades de agricultura e pecuária. O interesse pelo reflorestamento na região de Lavras tem aumentado substancialmente, decorrente da demanda regional por produtos florestais, principalmente para fins energéticos e industriais.

Porém, a maioria das pesquisas silviculturais brasileiras é relacionada com espécies introduzidas, de rápido crescimento, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. As espécies nativas, muitas vezes, deixam de ser utilizadas em programas de reflorestamento, devido à inexistência de informações relativas à sua ecologia, silvicultura e crescimento (TONINI; ARCO-VERDE; SÁ, 2005).

Dentre as espécies florestais nativas da região amazônica, a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl) se destaca pelo seu potencial de usos múltiplos relacionados com a produção de castanhas e de madeira de qualidade, para usos, principalmente, na construção civil. Outra espécie florestal desta região é a seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) que também apresenta potencial de usos múltiplos relacionados com a produção de borracha natural e de madeira.

Para promover a diversificação e ampliar o fornecimento de produtos florestais na região de Lavras, MG, é necessário testar o potencial de estabelecimento de espécies florestais de usos múltiplos, tais como a castanheira-da-amazônia e a seringueira.

O uso de uma espécie florestal em local inadequado pode levar a alguns problemas, como produtividade inferior, elevada susceptibilidade ao ataque de pragas, falta de adaptação da espécie e produção de madeira com características indesejáveis.

A introdução de espécies tem como finalidade determinar quais espécies são mais aptas para uma determinada região, visando, sobretudo, à rapidez de crescimento e à produção de madeira de qualidade para variados fins. Para o sucesso da introdução, em primeiro lugar, devem-se ter conhecimentos detalhados sobre a espécie que se pretende introduzir, em relação à ecologia, à qualidade da madeira e à susceptibilidade a pragas e doenças, para avaliar se ela terá ou não condições de suprir as exigências de mercado e, provavelmente, adaptar-se às condições ecológicas (SUASSUNA, 1977).

Paralelamente, deve-se proceder a um comparativo entre os fatores climáticos da região de origem e do local de introdução. Deve-se, contudo, ressaltar que não há necessidade de que os climas coincidam exatamente, pois os fatores climáticos e suas interações podem compensar pequenas deficiências que possam existir.

A escolha correta de uma espécie florestal exótica somente pode ser feita por meio da experimentação no local da sua introdução, a qual fornece bases seguras para se determinar o grau de adaptação desta espécie, estimar a sua produtividade e avaliar o potencial ecológico da área (MACEDO, 1991). Porém, não existem, até a presente data, referências sobre testes de introdução de castanheira-da-amazônia fora da região de ocorrência natural da espécie e de potencial de estabelecimento e de crescimento de clones de seringueira em Lavras, MG.

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o potencial de estabelecimento e crescimento das espécies florestais castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) introduzidas em Lavras, MG, em um consórcio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Localização e caracterização da área de estudo**

O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais (Figura 1). As coordenadas geográficas da área onde foi instalado o experimento são 21°13'30" de latitude Sul e 44°58'16" de longitude Oeste, à altitude de 931 m.



**Figura 1.** Localização da cidade de Lavras, MG, e da área em campo onde está implantado o experimento de introdução da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em consórcio com clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.).

O clima da região de Lavras, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), com temperatura média anual variando de 18 °C a 20 °C (MACEDO et al., 2004). As geadas são raras, com temperaturas mínimas absolutas de até 3,3 °C; a precipitação média anual varia entre 1.300 mm a 1.700 mm, com regime de distribuição periódica predominante nos meses mais quentes (outubro a março); o inverno tem de dois a quatro meses secos, com déficit hídrico entre 10 mm e 30 mm anuais; a evapotranspiração potencial anual varia entre 800 mm a 850 mm e a insolação média é de, aproximadamente, de 2.483 horas (MACEDO et al., 2004).

O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférico apresenta relevo plano e, anteriormente à implantação do experimento, foi ocupado por plantação de café.



## **2.2. Implantação da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)**

As sementes da castanheira-da-amazônia foram coletadas de matrizes selecionadas, pelo falecido professor Ivo Pereira de Camargo, do Departamento de Agricultura da UFMT, no norte do estado de Mato Grosso, no entorno das cidades de Alta Floresta e Paranaíta, locais de ocorrência natural da espécie. A coleta das sementes foi realizada de acordo com as recomendações e os critérios técnicos previstos para a coleta de germoplasma florestal, conforme Ferreira e Araujo (1981).

As mudas das castanheiras foram produzidas em casa de sombra (sombrite de 50%), em viveiro no Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Vinte dias antes do plantio das mudas no campo, estas passaram por um processo de aclimação, com a retirada gradual do sombreamento.

O preparo da área para a realização do plantio das mudas constou de limpeza da área total; combate a formigas, por meio da aplicação de formicida isca; alinhamento, coroamento e abertura de covas de dimensões 40 cm x 40 cm x 40 cm e aplicação de adubação na cova (200 g de superfosfato simples e 10 L de composto orgânico).

O experimento em campo seguiu um delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 24 plantas por parcela, perfazendo um total de 96 mudas. Cada bloco foi composto por 24 plantas, dispostas no espaçamento de 3 m entre plantas e 3 m entre linhas.

O plantio das castanheiras foi realizado em janeiro de 1996, com mudas de, aproximadamente, 30 cm de altura e com 10 a 16 folhas definitivas. Três meses após o plantio (abril de 1996) das mudas em campo, foi realizado o replantio de 21 mudas, mortas por problemas de seca ou ataque de formiga. As

mudas utilizadas para o replantio foram oriundas do mesmo lote aclimatado e utilizado no plantio inicial.

O controle de invasoras foi realizado por meio de roçadas e capinas manuais efetuadas em torno das plantas.

No primeiro ano de plantio, durante os meses de abril a novembro, o experimento foi irrigado pelo menos duas vezes por semana, para suprir a deficiência hídrica na região.

Para observações silviculturais, metade do número total de plantas do experimento em campo foi sombreado com sombrite de 50%. Entretanto, um ano após o plantio, foram observados, nas plantas de castanheira não sombreadas, sinais característicos de não adaptação à condição de pleno sol (amarelecimento, encarquilhamento, seca e desfolha generalizada), contrariando a recomendação de que ela se desenvolve melhor em condições de plena luminosidade (SCOLES; GRIBEL; KLEIN, 2011). Logo, foi instalada uma proteção de sombrite 50% também nas plantas antes não sombreadas. O sombreamento foi retirado aos dois anos após o plantio, quando foram observadas a aclimação e a adaptação das mudas de castanheiras à condição de pleno sol, com a ausência de sintomas visuais antes observados.

### **2.3. Implantação de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell.**

**Arg.)**

O consórcio da castanheira-da-amazônia com clones de seringueira foi instalado com o plantio das mudas de seringueira em janeiro de 1999, no espaçamento 6 m x 3 m. Cada linha de seringueira foi intercalada por duas linhas de castanheira, que já estavam plantadas na área desde 1996.

O delineamento experimental utilizado para os clones de seringueira foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos (clones de seringueira: PB 235; IAC 15;

IAN 3193; PR 255; IPA 1 e RRIM 600) e 3 repetições, com 4 plantas por parcela, totalizando 72 plantas.

O preparo do solo consistiu na abertura de covas com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, nas entrelinhas do plantio com a castanheira-da-amazônia. A adubação foi realizada na cova, com a aplicação de 300 g de Yorin e, 15 dias após o plantio, foi realizada a aplicação da adubação de cobertura de 150 g de N-P-K (formulação 20-5-20). O controle das invasoras foi realizado por meio de roçadas e capinas manuais.

#### **2.4. Análise das condições climáticas**

Para fins de comparar a similaridade e ou as discrepâncias ecoclimáticas entre a região de procedência (MT) da castanheira-da-amazônia e a região de introdução (Lavras, MG) foram coletados dados de temperatura média, máxima e mínima, assim como os dados de precipitação pluviométrica e insolação, relativos ao período de experimentação.

Os dados referentes à cidade de Lavras, MG, foram fornecidos pelo Departamento de Engenharia, Núcleo Didático Científico de Agrometeorologia e Climatologia da Universidade Federal de Lavras, MG.

Os dados climáticos referentes à região de Mato Grosso, onde foram coletadas as sementes que originaram as mudas introduzidas em Lavras, MG, foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação de Matupá, cujas coordenadas geográficas são 10°15' de Latitude Sul e 54° 55" de longitude Oeste, à altitude de 285 m.

### **2.5. Avaliação das plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)**

A altura total (H) das plantas de castanheira foi avaliada aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio em campo. Para as medições da altura, utilizou-se uma vara telescópica.

A circunferência à altura do peito (CAP) (medida a 1,30 m do solo) foi avaliada aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, quando as plantas já apresentavam altura maior ou igual a 1,30 m. Para as medições da CAP, utilizou-se uma fita métrica. Para fins de análise, os dados de CAP foram transformados para diâmetro à altura do peito (DAP), por meio da divisão do CAP de cada planta por  $\pi$  (pi).

Aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, foi avaliada a porcentagem de sobrevivência (S%) das plantas de castanheira. A sobrevivência foi determinada para cada ano de avaliação e determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecida de forma proporcional ao número total de plantas da parcela, obtendo-se a porcentagem de plantas remanescentes.

### **2.6. Avaliação da seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell Arg.)**

Aos 7, 8, 9, 11 e 13 anos após o plantio dos clones de seringueira em campo, no consórcio com a castanheira-da-amazônia, foram avaliadas a altura total (H) das plantas de seringueira, a circunferência à altura do peito (CAP) (medido a 1,20 m do solo) e a sobrevivência.

Para as medições foram utilizadas a vara telescópica e a fita métrica, respectivamente, para a mensuração da altura e CAP. A sobrevivência foi determinada para cada ano de avaliação e determinada com base na contagem

das plantas vivas, estabelecida de forma proporcional ao número total de plantas da parcela, obtendo-se a porcentagem de plantas remanescentes.

### **2.7. Análise dos dados**

Para a avaliação da castanheira-da-amazônia, os dados de sobrevivência, altura total (H) e diâmetro a altura do peito (DAP) foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e de homogeneidade das variâncias (Cochran, Hartley e Bartlett). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, ao verificar diferenças significativas, pelo teste F, a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de média (Teste Tukey, a 5% de probabilidade).

Para otimizar as análises, para a análise de variância e testes de médias, foram considerados os dados a partir da avaliação aos três anos após o plantio das castanheiras em campo, visto que somente a partir desta avaliação as plantas apresentavam altura igual ou superior a 1,3 m, ou seja, era possível obter o valor de DAP (diâmetro a altura do peito) e, conseqüentemente, calcular os valores de área basal e volume.

As análises foram realizadas empregando-se o software Statistic 8.0 (STATSOFT, 2008).

Para a avaliação da seringueira, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e de homogeneidade das variâncias (Cochran). Posteriormente, eles foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, ao verificar diferenças significativas, pelo teste F, a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de média (Teste Tukey, a 5% de probabilidade). As análises foram realizadas empregando-se o software Statistic 8.0 (STATSOFT, 2008).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Castanheira-da-amazônia

##### 3.1.1. Sobrevivência

A sobrevivência das plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG, em 1996, consorciadas com clones de seringueira, em 1999 e avaliada aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, foi, em média, de 83,5%. Não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as idades, pelo teste F, porém, o bloco influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a sobrevivência das plantas nas idades avaliadas (Tabela 1).

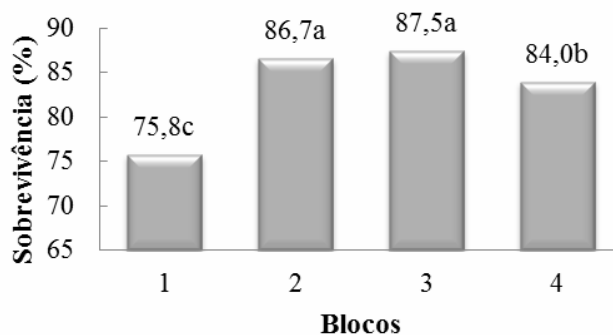
**Tabela 1** - Resumo da análise de variância da sobrevivência de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em um consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell Arg.) e avaliadas aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO	
		Sobrevivência (%)	
Bloco	3	141,8*	
Idade (anos)	4	4,0 <sup>ns</sup>	
Resíduo	12	1,3	
CV%		1,39	
Médias		83,50	

\* ( $p \leq 0,05$ ) e <sup>ns</sup> ( $p > 0,05$ ), pelo teste F.

Os blocos que apresentaram a maior sobrevivência para as plantas de castanheira foram os blocos 2 e 3, não diferindo estatisticamente entre si ( $p >$

0,05) (Figura 2). Tal resultado por ter ocorrido devido ao sombreamento proporcionados às plantas destes blocos em função do arranjo do experimento, cujas linhas foram direcionadas no sentido norte/sul e os blocos 2 e 3 foram alocados nas linhas centrais do experimento. No bloco 1, alocado em uma das bordas do experimento, as plantas de castanheira-da-amazônia apresentaram a menor sobrevivência (75,8%), diferindo estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) da sobrevivência nos demais blocos (Figura 2). Analisando-se tais resultados pode-se inferir que as plantas de castanheira-da-amazônia, provavelmente, se estabeleceram melhor em ambientes com determinado grau de sombreamento, contrariando a recomendação de que a espécie se desenvolve melhor em condições de pleno sol, como apresentado por Scoles, Gribel e Klein (2011), em ambiente de ocorrência natural da espécie. Já Souza et al. (2008) afirmam que a castanheira-da-amazônia é adaptada a condição de pleno sol, porém, estes autores observaram sobrevivência da espécie em plantio a pleno sol aos 3 anos e aos 11 anos, respectivamente, de 75% e 52,8%, em plantio em Manaus, AM, região de ocorrência natural da espécie.



**Figura 2.** Sobrevivência, em função dos blocos, da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivada em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG, e avaliada as 10, 11, 12, 14 e 16 anos

após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ( $p>0,05$ ).

Estudos clássicos de introdução de espécies florestais citam a taxa de sobrevivência como uma das principais características para avaliar o estabelecimento da espécie introduzida, sendo que quanto maior a sobrevivência das plantas, maior é o potencial de estabelecimento (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978; MACEDO, 1991).

A taxa de sobrevivência das plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG, após 16 anos de monitoramento, pode ser considerada alta, entre 75% e 87%, dependendo do bloco (Figura 2). Taxa de sobrevivência semelhante foi observada em estudo com a mesma espécie em ambientes de ocorrência natural, como, por exemplo, em Oriximiná, Pará, entre 89% e 100%, aos dois anos após o plantio em campo (SCOLES; GRIBEL; KLEIN, 2011). Outros trabalhos comparativos são apresentados na Tabela 2.

Segundo estudo de dinâmica populacional da *Bertholletia excelsa* na Bolívia, a probabilidade de sobrevivência das plântulas desta espécie é relativamente alta, inclusive para os tamanhos menores (altura < 35 cm), com pelo menos 50% de sobreviventes por ano. A partir de 70 cm de altura, as plantas passam a ter um índice de sobrevivência próximo a 100% (ZUIDEMA; BOOT, 2002).



**Tabela 2** - Crescimento e sobrevivência da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em regiões de ocorrência natural da espécie.

Município - Estado	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Sobrevivência (%)	Altura (m)	Fonte
Machadinho d'Oeste, RO	10	12 x 12	95,4		Vieira et al. (1998)
Manaus, AM	10	3 x 3	69,4		Fernandes e Alencar (1993)
Manacapuru, AM	10	10 x 10	57		Soares et al. (2004)
Cantá, RR	10	2 x 3	98,6	14,0	Ferreira e Tonini (2009)

\* Adaptada de Costa et al. (2009)

### 3.1.2. Crescimento

A altura total (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP) da castanheira-da-amazônia em consórcio com clones de seringueira em Lavras, MG, foram influenciados significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pela idade de avaliação e pelo bloco onde foram plantadas (Tabela 3).

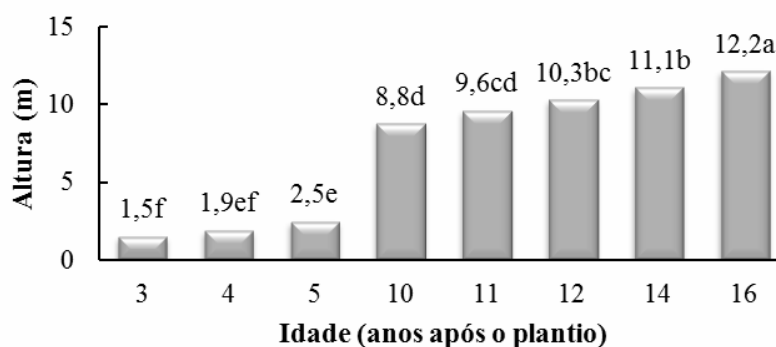
Ao longo das sucessivas avaliações, a castanheira-da-amazônia apresentou aumento nas médias de altura total das plantas com o passar do tempo (Figura 3), porém, aos 10 anos, os valores não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) da altura das plantas aos 11 anos. Tal igualdade estatística ( $p > 0,05$ ) foi observada também para a altura das plantas aos 11 anos e 12 anos após o plantio em campo (Figura 3). Tal fato indica que o crescimento

em altura nestes anos não foi expressivo, possivelmente sendo limitado por mudanças em algum fator de crescimento. Aos 16 anos após o plantio em campo, a média de altura (12,2 m) (Figura 3) foi superior e diferente, estatisticamente, da altura (11,1 m) aos 14 anos (Figura 3). Este resultado indica que a espécie introduzida em Lavras, aos 16 anos após o plantio em campo, ainda apresenta crescimento em altura significativo.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância das características morfológicas da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Lavras, MG, cultivada em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliada aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo.

Fonte de variação	Grau de liberdade	QUADRADO MÉDIO	
		Altura (m)	DAP (cm)
Bloco	3	3,566*	5,53*
Idade (anos)	7	80,48*	168,7*
Resíduo	21	0,149	1,049
CV%		5,32	10,41
Médias		7,25	9,84

\* ( $p \leq 0,05$ ) e <sup>ns</sup> ( $p > 0,05$ ), pelo teste F. DAP – diâmetro do caule a 1,30 cm do solo



**Figura 3.** Altura da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivada em um consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em

Lavras, MG e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade, pelo Teste Tukey ( $p>0,05$ ).

Tonini, Oliveira Junior e Schwengber (2008), ao ajustarem curvas de crescimento para várias espécies florestais, observaram que a castanheira-da-amazônia apresentou crescimento inicial mais lento, porém, superou as demais espécies a partir do oitavo ano. Esta mesma situação pode ser observada na Figura 3, onde é perceptível um crescimento inicial mais lento entre o primeiro e o quinto ano de cultivo.

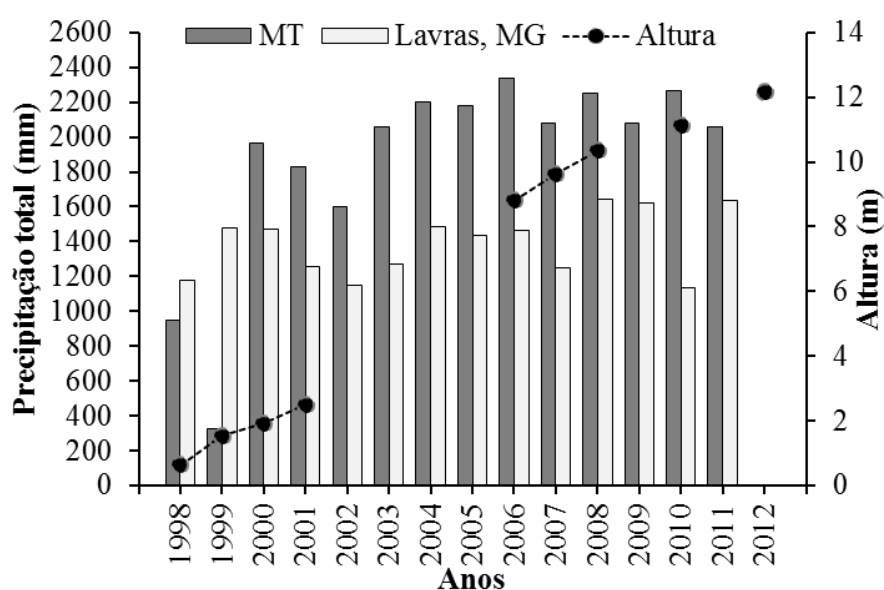
A representação do crescimento em altura de plantas de castanheira e a série temporal de precipitação, temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e insolação do local de introdução da espécie (Lavras, MG) e da região de ocorrência natural da espécie (MT) são apresentadas, respectivamente, nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

A castanheira-da-amazônia ocorre naturalmente em clima quente e úmido, onde ocorrem os tipos climáticos Aw, Am e Af, de acordo com a classificação de Köppen, mas concentra-se especialmente em locais com Aw ou Am. Ocorre em áreas onde a precipitação média varia de 1.400 a 2.800 mm/ano e onde existe um déficit hídrico de 2 a 5 meses (CLEMENT, 2000).

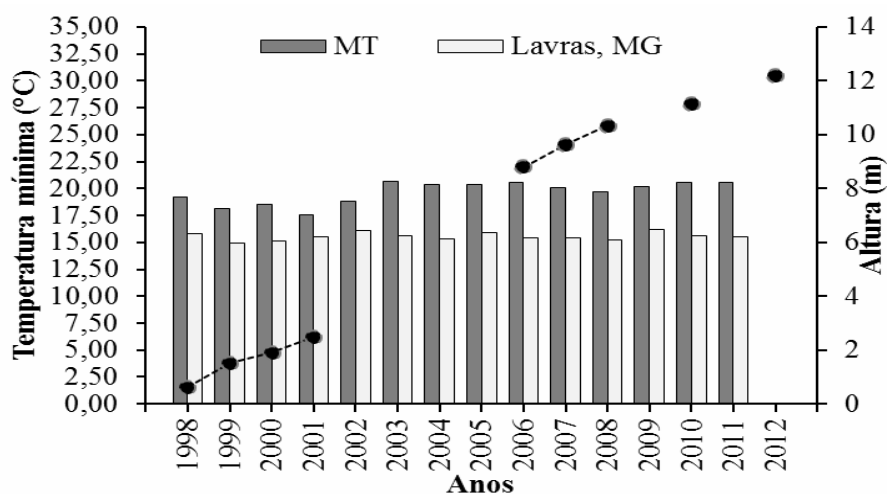
A temperatura média anual ideal para o seu cultivo oscila entre  $24,3^{\circ}\text{C}$  e  $27,2^{\circ}\text{C}$  e a média anual da umidade relativa do ar entre 79% e 86%, variando, durante os meses, entre 66% e 91% e não suporta ventos frios (DINIZ; BASTOS, 1974).

Nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 observa-se um proeminente crescimento vertical das plantas de castanheira-da-amazônia, nas condições climáticas da região de Lavras, MG. De modo geral, observou-se uma tendência ascendente na taxa de crescimento durante os 16 anos de observações, apesar de a precipitação, a temperatura mínima, a temperatura máxima e a temperatura média da região

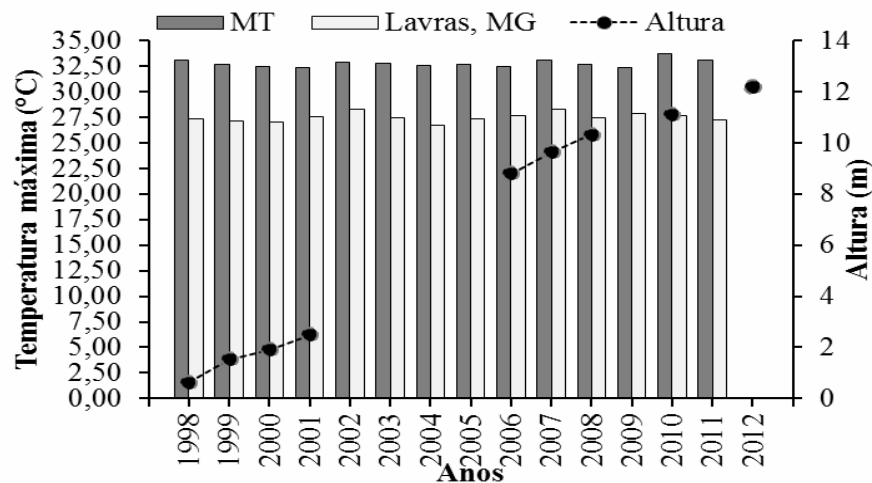
de introdução apresentarem valores inferiores aos observados na sua região de ocorrência natural. Porém, em Lavras, MG, constataram-se níveis de insolação superiores aos da sua região de origem (Figura 8). Provavelmente, este fator foi determinante para este crescimento diferenciado.



**Figura 4.** Precipitação da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio.



**Figura 5.** Temperatura mínima da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em 1996, em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.



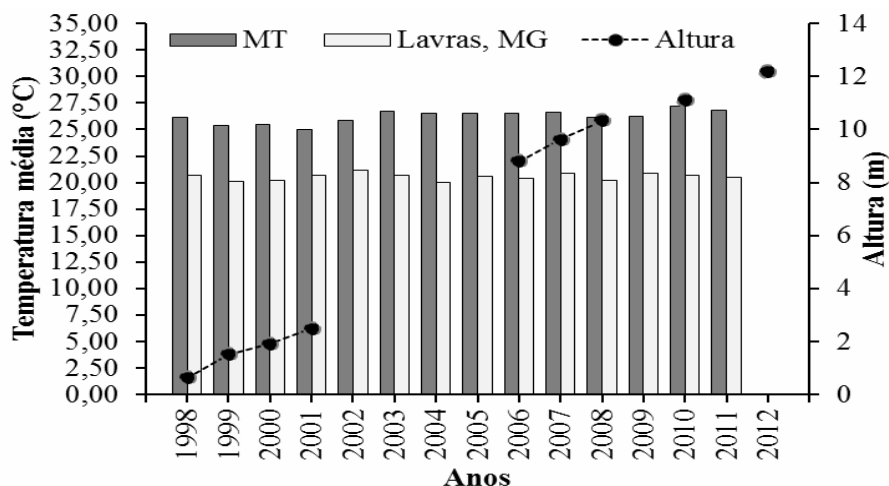
**Figura 6.** Temperatura máxima da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

Scoles, Gribel e Klein (2011) analisaram o crescimento e a sobrevivência da *Bertholletia excelsa* em diferentes condições ambientais (exposição à luz com 100% de abertura de dossel, capoeiras jovens (20%-80%) e sub-bosque de castanhais (<10%)), em plantios experimentais na região do rio Trombetas, PA, de ocorrência natural da espécie, e observaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) no crescimento da espécie entre os três tratamentos, especialmente favorável ao de maior luminosidade, concluindo que a castanheira se desenvolve melhor em condições de plena luminosidade, como áreas de roçado ou grandes clareiras florestais.

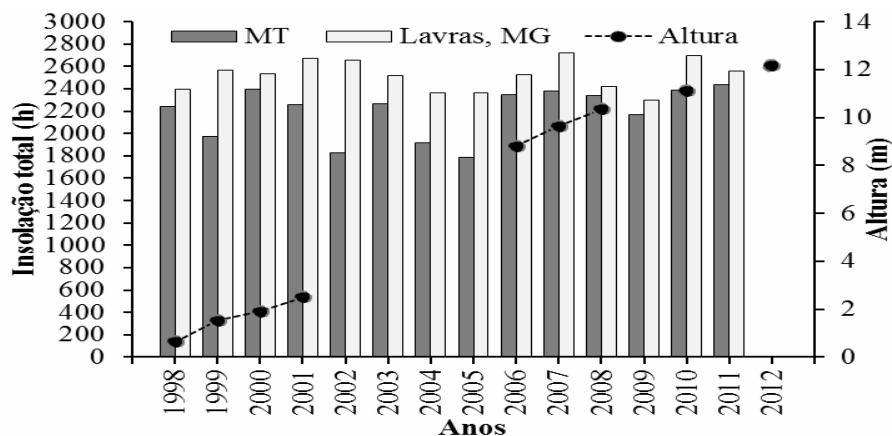
Salomão et al. (2006) confirmam que, geralmente, os estudos apontam ausência de indivíduos de castanheira nas classes inferiores devido, entre outros fatores, ser esta espécie exigente em relação à luz, o que ocasiona o não desenvolvimento da muda em ambiente fechado. O pleno desenvolvimento só ocorrerá quando em clareiras naturais, onde a luz atinge o 'piso' da mata.

Por ser fonte primária de energia relacionada à fotossíntese, a luz é um fator ambiental fundamental para o vegetal, devido à sua ação para o processo de regulação de crescimento e desenvolvimento (SILVA et al., 2007).

Na região de Roraima, local de ocorrência natural da castanheira-da-amazônia, onde a precipitação média anual varia de 1.795 mm a 2.385 mm (FERREIRA; TONINI, 2009), um pouco superior ao observado em Lavras, MG (local de introdução da espécie) (Figura 4) a respectiva espécie apresentou altura média de 14 m aos 10 anos após plantio em campo, em um sistema agroflorestal (FERREIRA; TONINI, 2009).



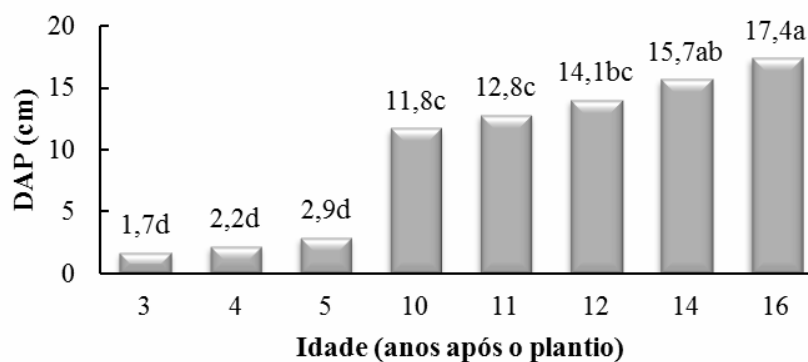
**Figura 7.** Temperatura média da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.



**Figura 08.** Insolação da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

Outros autores, estudando a castanheira-da-amazônia também em sua região de ocorrência natural, Rondônia, e em diferentes espaçamentos, observaram que, após 18 anos, as árvores apresentaram tendência à estabilização no crescimento em altura total (LOCATELLI et al., 2002). Já em estudo em Cantá, Roraima, árvores de castanheira-da-amazônia com sete anos apresentaram altura de 11,3 cm (TONINI; ARCO-VERDE, 2004). Aos 12 anos de idade, plantas em sistemas agroflorestais, em Manaus, AM, apresentaram altura média de 20,93 m (COSTA et al., 2009).

Analisando-se o diâmetro a altura do peito (DAP) das plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG, embora tenham apresentado aumento nos valores ao longo do tempo, constata-se que as médias não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) aos 14 anos e aos 16 anos após o plantio em campo (Figura 9). O mesmo foi observado com a média do DAP entre os anos 12 e 14 após o plantio. Não houve aumento significativo ( $p > 0,05$ ) do DAP da castanheira-da-amazônia nos anos de 2006, 2007 e 2008, respectivamente aos 10, 11 e 12 anos após o plantio em campo (Figura 9).



**Figura 9.** Diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivada em um consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), em Lavras, MG e avaliada aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade, pelo Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).

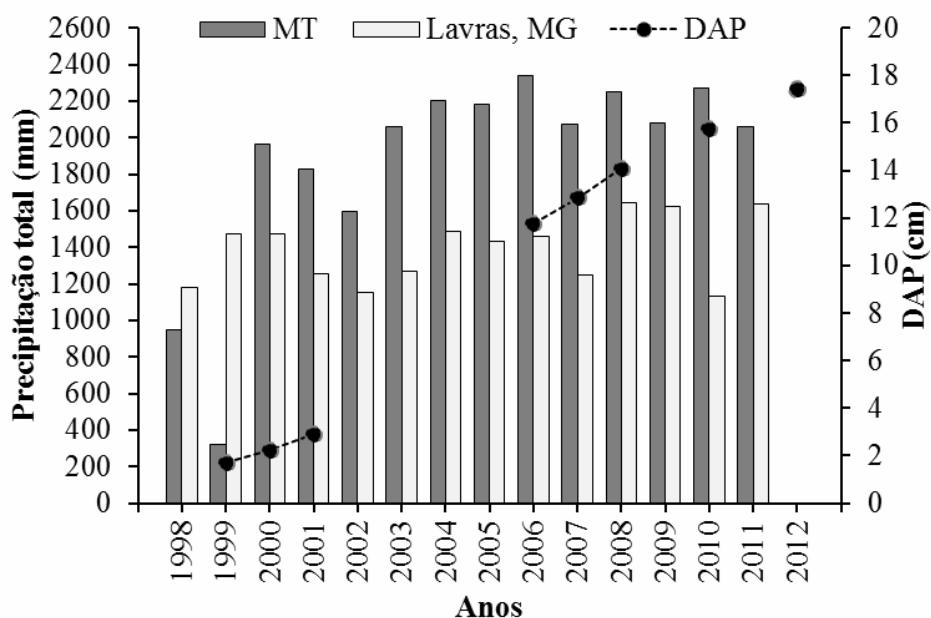


Nos anos iniciais de crescimento em DAP (3, 4 e 5 anos), as plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG apresentaram as menores médias, não diferindo estatisticamente entre si ( $p>0,05$ ) (Figura 9). No ano de 2012, aos 16 anos após o plantio em campo, as plantas apresentaram média de DAP de 17,4 cm, porém, não diferindo estatisticamente ( $p>0,05$ ) do que havia sido observado dois anos antes (Figura 9).

Na região de ocorrência natural, a castanheira-da-amazônia em um sistema agroflorestal em Cantá, RR, aos 10 anos após plantio em campo, apresentaram média de DAP de 25,5 cm (FERREIRA; TONINI, 2009). Já em estudo em Boa Vista, RR, árvores com sete anos apresentaram DAP de 13,5 cm (TONINI; ARCO-VERDE, 2004).

A castanheira-da-amazônia apresentou crescimento inicial mais lento (Figuras 3 e 9), tanto em altura como em DAP e aumento do ritmo de crescimento, com a idade. Essa tendência pode ser observada na melhora gradual de desempenho da castanheira, indicando que o crescimento inicial pode não caracterizar o potencial da espécie para plantações, exigindo ensaios de longa duração.

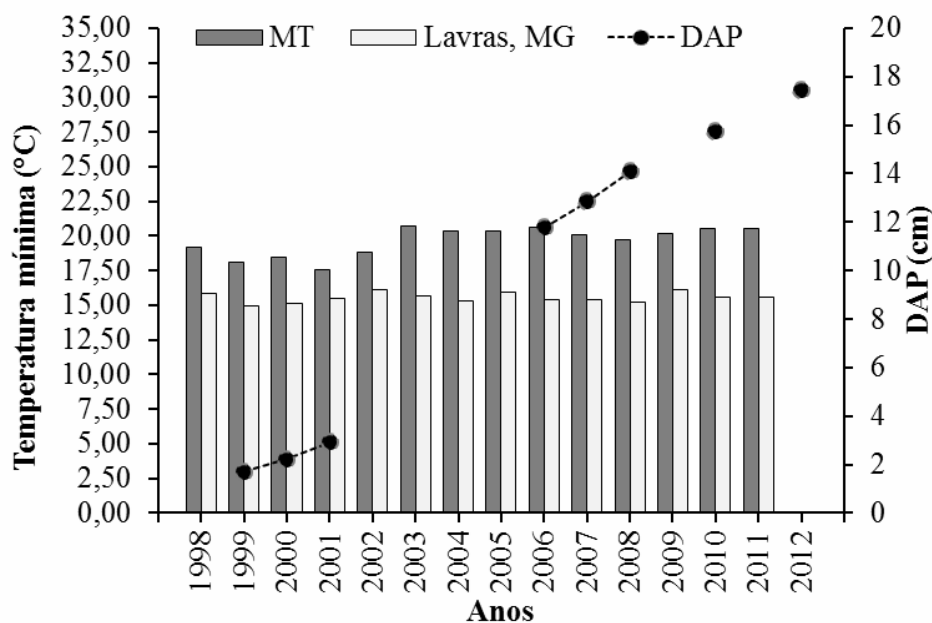
A representação do crescimento em diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia e a série temporal de precipitação, temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e insolação do local de introdução da espécie (Lavras, MG) e da região de ocorrência natural da espécie (MT) são apresentadas, respectivamente, nas Figuras 10, 11, 12, 13 e 14.



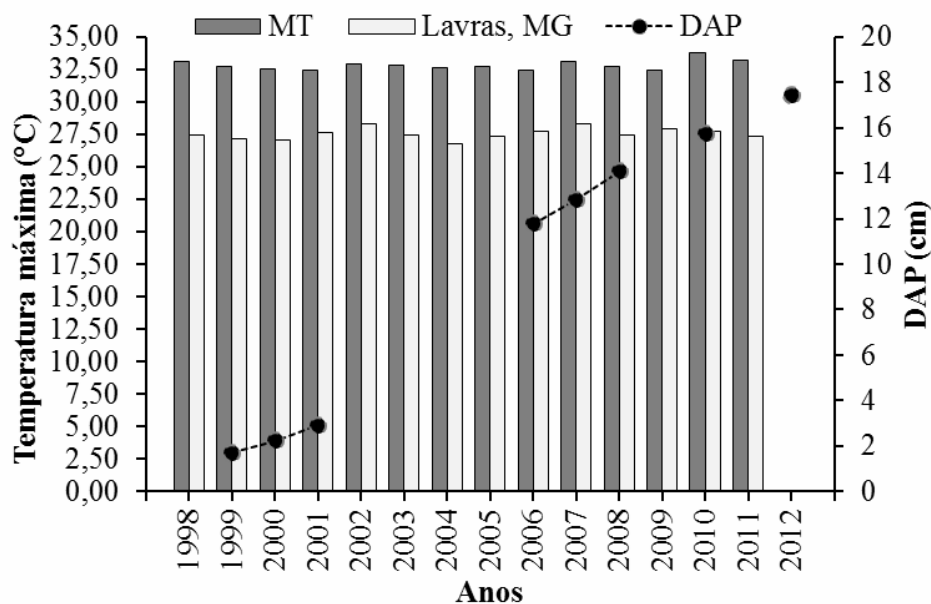
**Figura 10.** Precipitação da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e diâmetro à altura do peito (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

Na Figura 10 observa-se que a castanheira-da-amazônia apresentou as seguintes médias de DAP: 2,0 cm, 2,5 cm, 3,0 cm, 12,0 cm, 13,0 cm, 14,0 cm, 16,0 cm e 18,0 cm, respectivamente para os anos de 1999, 2000, 2001, 2006, 2007, 2008, 2010 e 2012. Ou seja, a castanheira apresentou um gradativo crescimento em altura, apesar de os valores totais de precipitação observados em Lavras (Figura 10), durante o período experimental, serem inferiores aos observados nos locais de origem da espécie (exceção para os anos de 1998 e 1999).

A castanheira-da-amazônia, na sua região de ocorrência, vegeta em clima tropical com expressiva variabilidade, principalmente no que se refere à distribuição espacial e temporal de chuvas (VALOIS, 2003). Esse regime pluviométrico é diferente do observado em Lavras, onde ocorrem períodos restrições hídricas anuais compreendidas, normalmente, entre os meses de junho, julho, agosto e setembro.

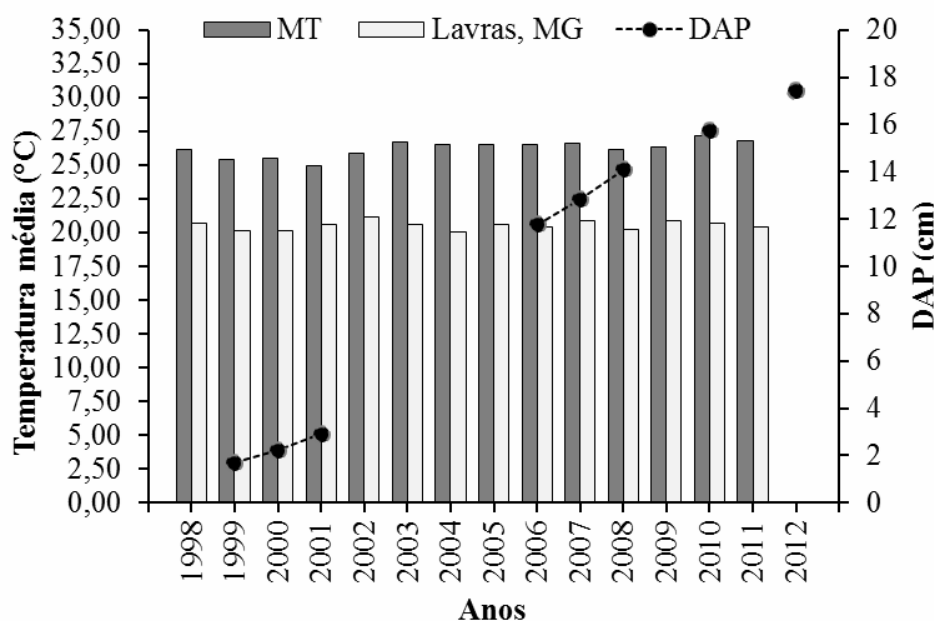


**Figura 11.** Temperatura mínima da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e diâmetro à altura do peito (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.



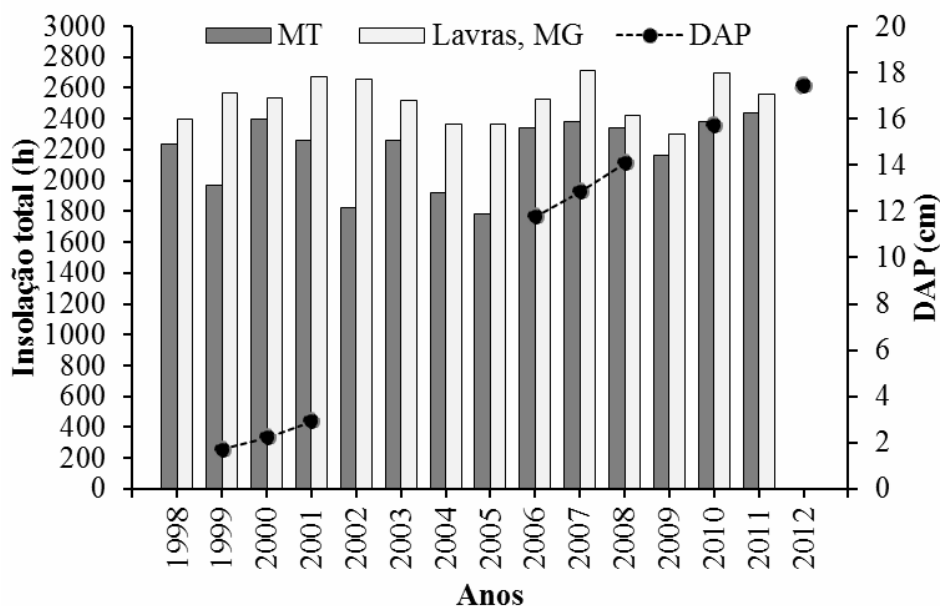
**Figura 12.** Temperatura máxima da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e diâmetro à altura do peito (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

Nas Figuras 12 e 13 observam-se os dados referentes às temperaturas máxima e média, tanto na região de origem como na região de introdução, sendo perceptível que as condições de temperatura (máxima e média) de Lavras, MG estão entre os parâmetros médios da região de ocorrência natural da espécie.



**Figura 13.** Temperatura média da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e diâmetro à altura do peito (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG e avaliadas aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

A castanheira-da-amazônia apresenta elevada plasticidade ecofisiológica, comprovada pela ocorrência em diferentes condições bioclimáticas (SILVA et al., 2009). No presente trabalho constatou-se a boa adaptação da espécie na região em que foi inserida.



**Figura 14.** Insolação da região de origem (MT = Mato Grosso) e da região de introdução (Lavras, MG) e diâmetro à altura do peito (DAP) de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivada em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), em Lavras, MG e avaliada aos 2 (1998), 3 (1999), 4 (2000), 5 (2001), 10 (2006), 11 (2007), 12 (2008), 14 (2010) e 16 (2012) anos após o plantio em campo.

Na Figura 14 observam-se os valores de insolação das regiões de origem e de introdução da castanheira, assim como os valores do DAP nos anos de estudo, sendo notório um aumento crescente e significativo desse incremento. A castanheira-da-amazônia é uma espécie eminentemente lucífera, uma vez que o crescimento em altura é priorizado nos anos iniciais, objetivando alcançar o dossel da floresta no menor espaço de tempo, antes que o mesmo se feche e não permita a chegada de luz na copa para o pleno desenvolvimento da árvore (SALOMÃO et al., 2006). Para estes mesmos autores, uma vez atingido o dossel

da floresta, a castanheira assegurará um suprimento de luz suficiente para, a partir daí, incrementar o crescimento em diâmetro.

Até 2012, quando as plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG estavam com 16 anos após o plantio em campo, não foi observada a presença de flores e frutos. Logo, as árvores ainda não se encontravam em sua fase reprodutiva.

Em estudos na região de ocorrência natural da espécie, na Bolívia, Zuidema e Boot (2002) observaram que 98% dos indivíduos de castanheira-da-amazônia que estavam na fase reprodutiva apresentavam  $DAP > 40$  cm.

Os resultados de crescimento em altura e DAP obtidos neste trabalho confirmam uma interação positiva da castanheira-da-amazônia com a seringueira, nas condições ambientais locais.

### **3.2. Seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell Arg.)**

#### **3.2.1. Sobrevivência**

A análise da sobrevivência das plantas de seringueira foi realizada a partir do 8º ano após o plantio em Lavras, MG. Na Tabela 4 são apresentados os dados referentes aos percentuais de sobrevivências dos clones de seringueira avaliados em diferentes épocas.

A sobrevivência das plantas não foi afetada pelo clone, indicando não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os clones, nos respectivos anos de estudo. Porém, de modo geral, a porcentagem de sobrevivência do clone IPA 1 decresceu a partir do terceiro ano de avaliação, apresentando valores médios de 75,0% (2006), 75,0% (2007) e 66,7% (2008, 2010 e 2012).

**Tabela 4** - Porcentagens de sobrevivência de plantas dos clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11(2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

Clones de seringueira	Sobrevivência (%)				
	2006	2007	2008	2010	2012
<b>IPA 1</b>	75,0 a	75,0 a	66,7 a	66,7 a	66,7 a
<b>RRIM 600</b>	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a
<b>PB 235</b>	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a
<b>IAC 15</b>	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 a
<b>PR 255</b>	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a
<b>IAN 3193</b>	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a
<b>Média Geral</b>	<b>84,7</b>	<b>84,7</b>	<b>83,3</b>	<b>83,3</b>	<b>83,3</b>
<b>CV(%)</b>	21,32	21,32	21,21	21,21	21,21

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

No entanto, vale ressaltar que, apesar de não haver diferenças estatísticas entre os clones, para cada período de avaliação verifica-se que o clone IPA 1 apresentou as menores taxas de sobrevivência. Macedo et al. (2009) verificaram, na região de Paracatu, MG que o clone IPA 1 estava entre os que apresentaram pior desempenho em relação à sobrevivência e que, de modo geral, a porcentagem de sobrevivência dos clones estudados decresceu ao longo das avaliações.

Na Tabela 5 são apresentados os dados referentes aos índices de sobrevivência de clones de seringueira, em função de seu bloco, plantados em consórcio com castanheira-da-amazônia, implantado em 1999, na região sul de Minas Gerais, no município de Lavras.



**Tabela 5** - Porcentagens de sobrevivência de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em função do bloco, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliados aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

Blocos	Sobrevivência (%)				
	2006	2007	2008	2010	2012
2	70,8 bc	70,8 bc	70,8 a	70,8 a	70,8 a
1	83,3 ab	83,3 ab	83,3 a	83,3 a	83,3 a
3	100,0 a	100,0 a	95,8 a	95,8 a	95,8 a
<b>Média geral</b>	<b>84,7</b>	<b>84,7</b>	<b>83,3</b>	<b>83,3</b>	<b>83,3</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Analisando-se os dados da Tabela 5 verifica-se que existem diferenças ( $p\leq 0,05$ ) entre os percentuais de sobrevivência das plantas entre os blocos 2 (70,8%) e 3 (100%), respectivamente para os anos de 2006 e 2007. No entanto, os percentuais de sobrevivência para os blocos 1 (83,3%), 2 (70,8 %) e 3 (95,8%), respectivamente para os anos de 2008, 2010 e 2012, não apresentaram diferenças estatísticas ( $p>0,05$ ) entre si.

Segundo Macedo (2000), a análise do potencial de estabelecimento, avaliado por meio da porcentagem de sobrevivência e de crescimento inicial de mudas de espécies florestais após plantio, no campo, pode ser um bom indicativo da adaptação de uma espécie ou de um clone a um determinado sítio ou região.

### 3.2.2. Crescimento

A altura total das árvores de seringueira implantadas em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia, foi influenciada pelo clone para todas as avaliações realizadas, exceto para a última, realizada aos 13 anos (2012) após o plantio (Tabela 6).

**Tabela 6** - Resumo da análise de variância da altura total de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235) em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliados aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Idade (anos após o plantio em campo)				
		7	8	9	11	13
Bloco	2	7,55 <sup>ns</sup>	14,39 <sup>*</sup>	69,79 <sup>*</sup>	27,62 <sup>*</sup>	31,74 <sup>*</sup>
Clone	5	10,07 <sup>*</sup>	9,50 <sup>*</sup>	16,85 <sup>*</sup>	12,18 <sup>*</sup>	5,71 <sup>ns</sup>
Resíduo	53	3,46	3,84	5,53	4,94	8,01
CV (%)		22,19	21,69	24,76	22,02	27,45
Médias		8,38	9,04	9,50	10,10	10,31
CLONE		-----altura (m)-----				
IAN 3193		6,85b	7,78a	8,12b	9,00a	9,76a
PB 235		8,12ab	8,53a	8,14ab	8,96a	9,40a
PR 255		8,10ab	8,80a	9,72ab	10,32a	10,65a
IPA 1		8,50ab	8,92a	9,52ab	9,74a	9,98a
IAC 15		9,30a	10,04a	10,46ab	11,78a	11,30a
RRIM 600		9,59a	10,29a	11,17a	10,79a	10,71a
BLOCO		-----altura (m)-----				
1		7,71a	8,14a	7,70b	9,09b	8,99b
2		8,46a	9,13a	9,32b	9,69ab	10,44ab
3		8,88a	9,72a	11,21a	11,27a	11,35a

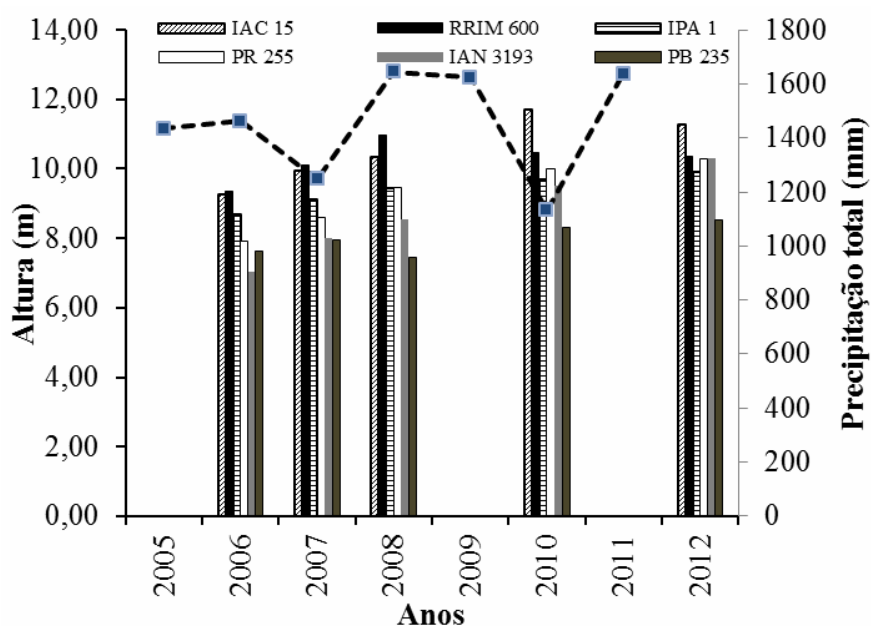
\* ( $p \leq 0,05$ ) e <sup>ns</sup> ( $p > 0,05$ ), pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Aos sete anos, as maiores médias de altura foram observadas para o clone RRIM 600 e IAC 15, não diferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre si. Já

aos 8, 11 e 13 anos, não foi detectada diferença significativa para a altura das plantas de seringueira, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A ocorrência natural da seringueira se dá na região Amazônica, entre as latitudes de 3°N e 15°S. Todavia, seu cultivo comercial estende-se desde a latitude 22°N, na Ásia, até 25°S, no Brasil, evidenciando grande capacidade de adaptação a diversas condições climáticas (CAMARGO, 1976; PILAU et al., 2007).

A representação da série temporal de precipitação e crescimento em altura dos clones de seringueira, em função dos anos de avaliação, é apresentada na Figura 15.



**Figura 15.** Precipitação total anual da região de introdução (Lavras, MG) e altura (m) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7 (2006),

8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo.

A precipitação total para os anos de 2006, 2007, 2008, 2010 e 2012 variou de 1.131,8 mm anuais, em 2010 a 1.636,8 mm, em 2011 (Figura 15). Os maiores valores de altura foram observados para os clones RRIM 600 e IAC 15.

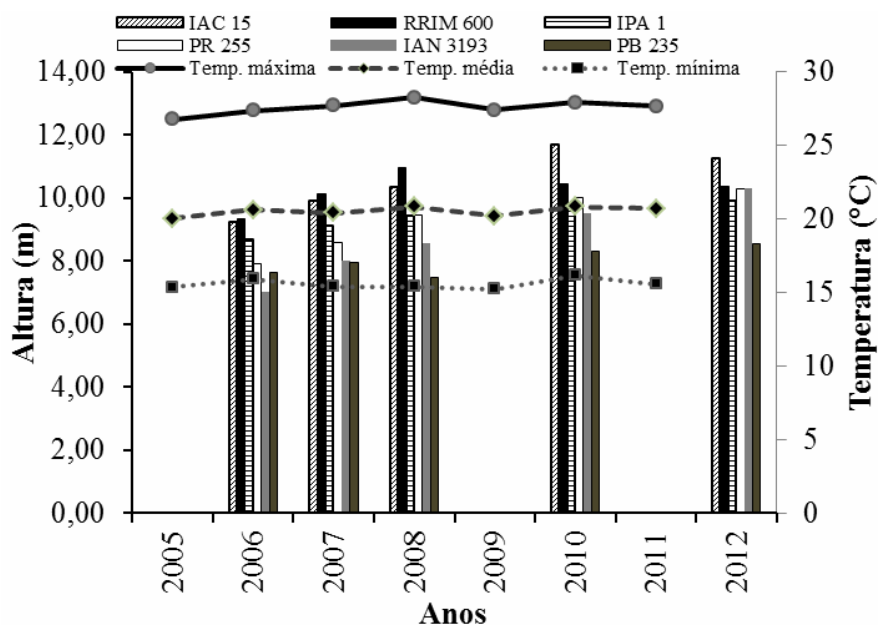
Para o clone IPA 1 (Figura 15) houve uma paralisação em seu crescimento em altura nos três últimos anos de mensuração (2008, 2010 e 2012), tendo como causa provável maior sensibilidade aos baixos índices pluviométricos observados nos anos de 2007 e 2010.

Os clones IAN 3193, PB 235 e PR 255 (Figura 15) apresentaram menores valores de altura em relação aos demais clones, não havendo diferenças de crescimento nos cinco anos de avaliação. Portanto, estes três clones podem ser mais exigentes em água.

A representação da série temporal de temperatura máxima (°C), média (°C) e mínima (°C) e o crescimento em altura dos clones de seringueira, em função dos anos de avaliação, é apresentada na Figura 16. Foi observado que a temperatura mínima foi de 15 °C; a temperatura média, 20,4° C e a máxima, 30 °C, no município de Lavras, MG. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) considera que a faixa ótima de desenvolvimento para a cultura da seringueira é 19 °C. Estes valores comprovam que a variação da média anual de temperatura encontra-se na faixa ótima para o desenvolvimento dos clones da cultura da seringueira, durante todo o ano.

Em seringais homogêneos, geralmente, clones como RRIM 600, GT1, entre outros, são susceptíveis às baixas temperaturas (EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSAO RURAL, 1983). Portanto, observa-se que as condições climáticas apresentadas para as condições de Lavras, MG, para os clones de seringueira em estudo, estão de acordo com

aquelas consideradas satisfatórias para o desenvolvimento vegetativo da seringueira.

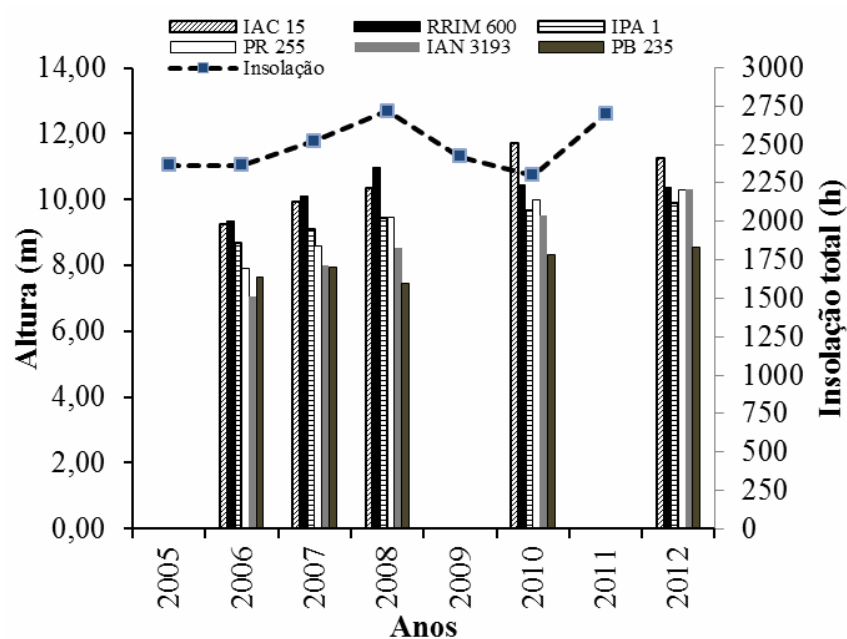


**Figura 16.** Temperatura máxima (°C), média (°C) e mínima (°C) da região de introdução (Lavras, MG) e altura (m) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliados aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo.

A representação da série temporal de insolação da região de Lavras, MG e do crescimento em altura dos clones de seringueira, em função dos anos de avaliação, se encontra na Figura 17.

As taxas de insolação na região de Lavras, MG, no período de avaliação, variaram entre 2.250 a 2.750 horas anuais, respectivamente para os anos de 2010

e 2012. Segundo Marin e Barreto Junior (2005), na região leste do estado de São Paulo, a área da heveicultura é classificada como restrita para a produção de borracha natural quando apresentarem insolação na faixa de 4,8 h/dia e 5,0 h/dia, o que não é o caso da região de Lavras, que está na faixa média de insolação de 7,5 h/dia.



**Figura 17.** Insolação da região de introdução (Lavras, MG) e altura (m) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo.

O fator insolação, provavelmente, não afetou o crescimento em altura dos clones RRIM 600, IAC 15, IAN 3193, PB 235, IPA 1 e PR 255. Portanto,

maior ou menor crescimento em altura podem estar associados a outro fator climático.

Segundo Braido e Tommaselli (2011), um fator importante na produção agrícola é que nem todas as áreas são adequadas ao plantio de determinadas culturas. Um estudo no qual seja analisada uma série de dados climáticos, dentre eles dados de precipitação pluviométrica, se faz necessário, visto que o entendimento do clima da área permite analisar quais culturas são recomendadas ou não para implantação em determinado local.

A circunferência a 1,2 m do solo (CAP) de clones de seringueira implantados em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia, foi influenciada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pelo clone, para as avaliações realizadas aos 7 e aos 8 anos (Tabela 7).

Ao realizar o desdobramento do efeito principal de clones, observou-se que, nas avaliações realizadas aos 7, 8, e 9 anos, as maiores médias de CAP ocorreram para os clones RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, não diferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre si (Tabela 7). Porém, aos 11 e aos 13 anos, os clones não apresentaram diferença significativa para a CAP, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

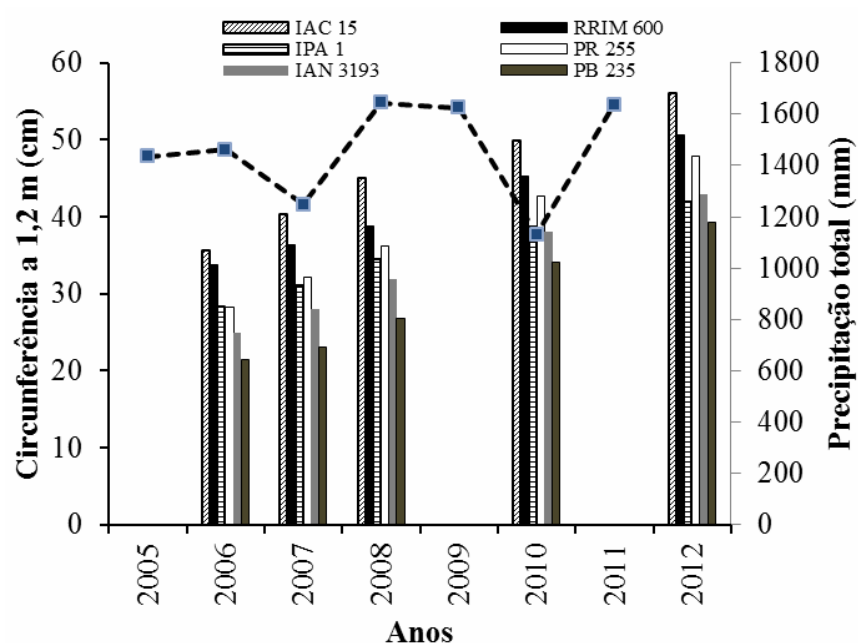
**Tabela 7** - Resumo da análise de variância da circunferência a 1,2 m do solo (CAP) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em Lavras, MG, em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliados aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Idade (anos após o plantio em campo)				
		7	8	9	11	13
Bloco	2	1082,74*	1219,37*	1313,37*	1505,16*	1556,16*
Clone	5	285,29*	359,43*	337,60 <sup>ns</sup>	286,82 <sup>ns</sup>	347,30 <sup>ns</sup>
Resíduo	53	101,98	127,12	150,62	207,87	262,77
CV (%)		33,52	33,84	32,91	32,95	33,05
Médias		30,12	33,32	37,29	43,75	49,04
CLONE		-----CAP (cm)-----				
IAN 3193		25,61ab	28,69ab	32,77ab	39,05a	44,03a
PB 235		22,70b	24,48b	28,87b	37,08a	42,80a
PR 255		29,85ab	33,88ab	38,18ab	45,12a	50,56a
IPA 1		29,11ab	31,83ab	35,34ab	40,08a	43,54a
IAC 15		36,18a	40,85a	45,47a	50,46a	56,54a
RRIM 600		37,67a	40,44a	43,07ab	50,31a	56,03a
BLOCO		-----CAP (cm)-----				
1		33,44a	36,11a	39,38a	45,73a	50,81a
2		19,93b	22,64b	26,54b	32,43b	37,65b
3		34,58a	38,56a	43,42a	50,40a	55,93a

\* ( $p \leq 0,05$ ) e <sup>ns</sup> ( $p > 0,05$ ), pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A representação da série temporal de precipitação e crescimento em CAP dos clones de seringueira, em função dos anos de avaliação, pode ser observada na Figura 18.





**Figura 18.** Precipitação total anual da região de introdução (Lavras, MG) e circunferência (cm) (mensurada a 1,2 m do solo) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235) em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliados aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

Os maiores valores de aumento gradativo em CAP foram observados para os clones IAC 15, RRIM 600 e PR 255 (Figura 18), enquanto os menores aumentos gradativos foram observados para os clones IPA 1, IAN 3193 e PB 235.

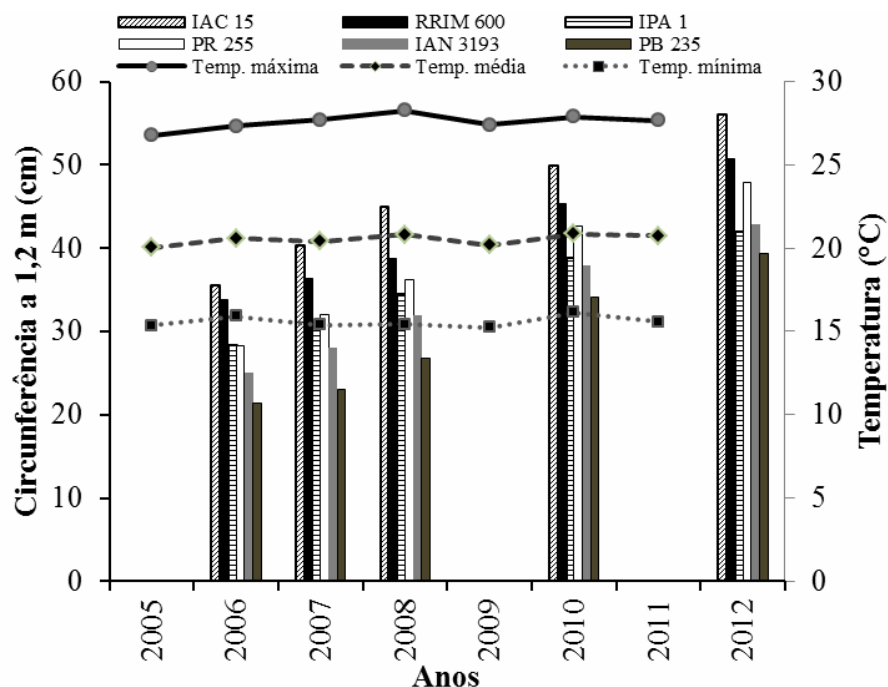
Em média, os indivíduos de seringueira apresentaram crescimento tanto em CAP como em altura reduzidos, por estarem no sub-bosque, provavelmente devido às limitações lumínicas exigidas para o seu pleno crescimento.

Kanieski et al. (2012), avaliando o comportamento do incremento diamétrico de 23 espécies arbóreas tropicais e subtropicais em Florestas Estacionais Semidecíduais no planalto paulista, concluíram que as variações das taxas de incremento das árvores estão estreitamente relacionadas à precipitação e à disponibilidade de água no solo. Spathelf et al. (2000) estudaram as relações entre variáveis climáticas e o incremento em diâmetro do tronco de várias espécies florestais e os resultados mostraram que o excesso de água influencia o crescimento diamétrico das árvores.

Estudos de aptidão climática consideram a escala macroclimática instrumento útil para o planejamento de investimentos na implantação de novos sistemas de produção e para a indicação dos principais fatores limitantes à atividade em determinada região. A seringueira tem como fator decisivo para o sucesso de sua implantação a limitação de áreas que apresentam condições desfavoráveis ao aparecimento do mal das folhas, principal doença da cultura.

Diversos estudos sobre aptidão climática da seringueira em diferentes estados da Federação foram realizados, dentre os quais se destacam Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Bahia (GONÇALVES; MONTEIRO, 2007).

A representação da série temporal da temperatura máxima (°C), média (°C) e mínima (°C) da região de Lavras, MG e o crescimento em CAP dos clones de seringueira, em função dos anos de avaliação, podem ser observados na Figura 19.



**Figura 19.** Temperatura máxima (°C), média (°C) e mínima (°C) da região de introdução (Lavras, MG) e circunferência (cm) (mensurada a 1,2 m do solo) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235), em um consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

Kanieski et al. (2012) avaliaram a influência das variáveis meteorológicas no incremento diamétrico de espécies florestais em uma área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, em Araucária, PR e observaram que a variável climática que influenciou o incremento diamétrico das espécies foi a temperatura, tendo correlação positiva com *Hovenia dulcis* e *Sebastiania commersoniana* para os indivíduos do dossel, e com *Ligustrum lucidum*, *Myrrhinium loranthoides* e *Sebastiania commersoniana*, para os indivíduos do

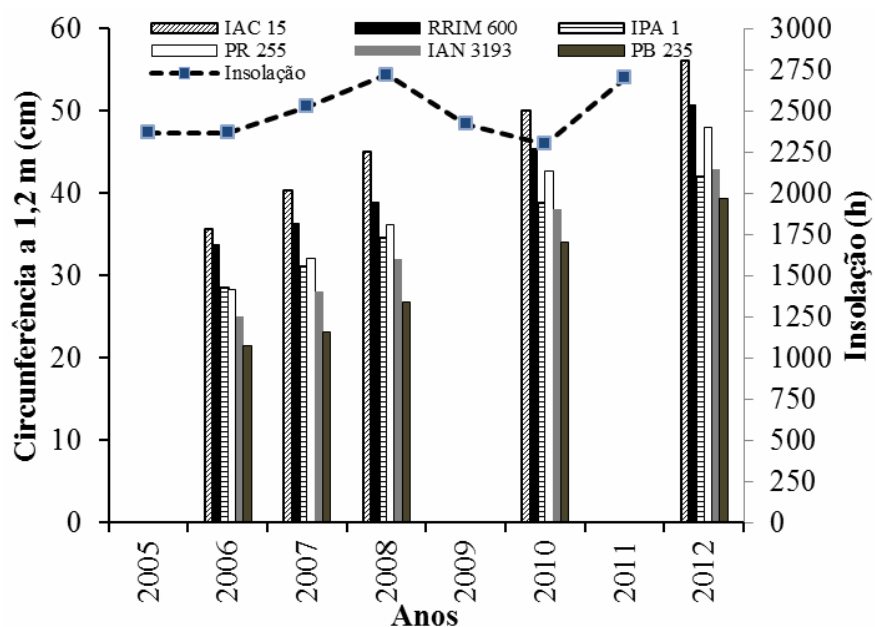
sub-bosque, que é o caso da seringueira, no presente estudo, no consórcio com castanheira-da-amazônia.

Ressalta-se que as menores taxas de crescimento observadas podem estar associadas à menor disponibilidade de água no solo e à queda da temperatura, que reduzem o metabolismo das plantas. Efeitos mais acentuados surgem quando a menor disponibilidade de radiação está associada a condições limitantes de oferta de água no solo.

A representação da série temporal da insolação total da região de Lavras, MG e o crescimento, em CAP, dos clones de seringueira em função dos anos de avaliação estão representados na Figura 20.

Nos seringais homogêneos, geralmente, clones como PB 235 e GT1, entre outros, são susceptíveis às baixas temperaturas (EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSAO RURAL, 1983).

Considerando que a temperatura média para a cultura da seringueira, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011), é de 19 °C e que a média de temperatura anual, neste estudo, variou entre 20,4 °C e 20,83 °C, considera-se que ela esteja na faixa recomendada pela Portaria 426, de 18 de novembro de 2011, publicada no Diário Oficial da União em 21 de novembro de 2011.



**Figura 20.** Insolação total (h) da região de introdução (Lavras, MG) e circunferência (cm) (mensurada a 1,2 m do solo) de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) (RRIM 600, IAC 15, IPA 1, PR 255, IAN 3193, PB 235) em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

A seringueira é uma espécie florestal que tem apresentado boa adaptação em áreas antes consideradas muito frias, como na serra da Mantiqueira, em São Paulo e no sul de Minas Gerais. Geralmente, as áreas mais frias, aptas para o café arábica, também se mostram aptas para a heveicultura, sem problemas com o mal-das-folhas (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003). Segundo estes mesmos autores, a seringueira apresenta melhor crescimento e produção de látex quando a temperatura média anual é maior ou igual a 20°C. Quanto à deficiência hídrica, Camargo et al. (1977) consideram como o limite máximo 150 mm.

Em relação à temperatura média anual da região de Lavras, MG (Figuras 16 e 19), observa-se que esta variou de 20,4 °C a 20,83 °C, o que indica que a variação da média anual encontra-se na faixa ótima para o desenvolvimento dos clones da cultura da seringueira durante todo o ano.

#### **4. CONCLUSÕES**

A castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), até os 16 anos após a introdução em Lavras, MG, apresenta potencial favorável para reflorestamento com a espécie na região.

Os clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell Arg.) introduzidos em consórcio agroflorestal em Lavras, MG, até os 13 anos após o plantio, apresentaram crescimento inferior ao observado para os mesmos clones implantados em outros locais do Brasil, podendo o arranjo temporal ou espacial do consórcio ter afetado negativamente o crescimento destas plantas.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio fornecido.

## REFERÊNCIAS

BRAIDO, L. M. H.; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos anos extremos (chuvoso e seco): seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do Pontal do Paranapanema – SP. **Revista Formação**, São Paulo, v. 1, n. 17, p. 13-34, 2011. Disponível em:

<[Revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/313/351](http://Revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/313/351)>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CAMARGO, A. P. Aptidão climática para a heveicultura no Brasil.

**Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, p. 06-14, 1976.

CAMARGO, A. P. et al. Zoneamento de aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Anais...** Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 89-105.

CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. (Documentos, 24). Disponível em: <[www.cnpm.embrapa.br/publica/download/d24\\_heveic\\_fin.pdf](http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/d24_heveic_fin.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CLEMENT, C. R. Domestication of Amazonian fruit-crop: past, present and future. In: VIEIRA, I. C. C. et al. (Ed.). **Diversidade biológica e cultural da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2000. p. 347-367.

COSTA, J. R. et al. Aspectos silviculturais da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31.n. 6, p. 1862-866, nov./dez. 2007. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf](http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2012.

DINIZ, T. D. de A. S.; BASTOS, T. X. Contribuição ao clima típico da castanha-do-brasil. **Boletim Técnico do IPEAN**, Belém, n. 64, p. 59-71, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSAO RURAL. **Manual técnico: cultura da seringueira**. Brasília: EMBRAPA, 1983.

FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá–Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.

FERREIRA, M.; ARAÚJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para testes de procedências**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. (Documento, 6).

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. (Série Técnica, 11).



GONÇALVES, A. O.; MONTEIRO, L. L. Aptidão climática para a cultura da seringueira no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 39-43, 2007.

KANIESKI, M. R. et al. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012. Disponível em: <[www.floram.org/files/v19n1/v19n1a3.pdf](http://www.floram.org/files/v19n1/v19n1a3.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2012.

LOCATELI, M. et al. **Cultivo da castanha-do-Brasil em Rondônia**. Rondônia: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Castanha/CultivodaCastanhadoBrasilRO/autores.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

LOCATELLI, M. et al. **Plantio de castanha-do-brasil: uma opção para reflorestamento em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA, 2002. (Recomendações Técnicas, 60).

MACEDO, R. L. G. **Avaliação holística da fase juvenil do teste de introdução de espécies de *Eucalyptus* na Baixada Cuiabana, Mato Grosso**. 1991. 231 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACEDO, R. L. G. et al. Estabelecimento de *Tectona grandis* L.f. (Teca) em sistemas agroflorestais com *Coffea arabica* L. em Lavras-MG. **Agrossilvicultura**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 71-80, 2004.

MACEDO, R. L. G. et al. Estabelecimento e crescimento inicial de clones de *Havea sp* na região de Paracatu–MG. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 84-91,

jan./mar. 2009. Disponível em: <redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/744/74413015011.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2012.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.

MARIN, F. R.; BARRETO JUNIOR, C. E. F. Zoneamento agroclimático da heveicultura no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBA, 2005. Disponível em: <www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/.../CBAgro2005\_12.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria 426/2011 de 18 de novembro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 nov. 2011. Disponível em: <sistemasweb.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2012.

PILAU, F. G. et al. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 161-168, 2007.

SALOMÃO, R. P. et al. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.

SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na

região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 6, n. 3, p. 273-293, 2011. Disponível em: <scielolab.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v6n3/v6n3a04.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

SILVA, R. R. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.)Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 365-370, 2007.

SILVA, P. T. E. et al. Potencial de utilização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 7., 2009, Luziânia. **Anais...** Luziânia: EMBRAPA, 2009. 1CD ROOM.

SOUZA, C. R. et al. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, mar. 2008.

SPATHELF, P. et al. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana) na serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

STATSOFT, I. N. C. **Statistica data analysis software system**: version 8.0. Tulsa: Statsoft, 2008.

SUASSUNA, J. A cultura do pinus: uma perspectiva e uma preocupação. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 29, p. 1-21, jan./mar. 1977. Disponível em: <www.fundaj.gov.br>. Acesso em: 02 ago. 2012.

TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de Espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008. Disponível em: <<http://www.bioline.org.br/request?cf08014>>. Acesso em: 03 ago. 2012.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. **O crescimento da castanheira-do-Brasil** (*Bertholletia excelsa* bonpl.) em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. (Comunicado Técnico, 5).

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005.

VALOIS, A. C. C. **Benefícios e estratégias de utilização sustentável da Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2003. Disponível em: <[www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/.../arquivos-pdf/texto18.pdf](http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/.../arquivos-pdf/texto18.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2012.

ZUIDEMA, P. A.; BOOT, R. G. A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 1-31, 2002.

**ARTIGO 2: DINÂMICA DE CRESCIMENTO DA CASTANHEIRA-DA-AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) E DE CLONES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) EM UM CONSÓRCIO EM LAVRAS, MG**

**RESUMO**

O estudo foi realizado com o objetivo de analisar a dinâmica de crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), em consórcio, em Lavras, MG. O plantio da castanheira-da-amazônia seguiu o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 24 plantas por parcela, perfazendo um total de 96 plantas, dispostas no espaçamento de 3 m x 3 m. As plantas foram avaliadas aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio, com a mensuração da altura total (H). Já aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos foram avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP), a área basal (G), o volume por planta (V/plt) e o volume por hectare (V/ha). Aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio, foi avaliada a porcentagem de sobrevivência (S%) das plantas. A seringueira foi implantada no espaçamento 6 m x 3 m, intercalada por duas linhas de castanheira-da-amazônia. O delineamento experimental para a seringueira foi o de blocos casualizados com seis clones (PB235; IAC 15; IAN 3193; PR 255; IPA 1 e RRIM 600) e três repetições, com quatro plantas por parcela, totalizando 72 plantas. As avaliações ocorreram aos 7, 8, 9, 11 e 13 anos, e abrangeram a altura total (H) das plantas de seringueira, a circunferência a 1,20 m (CAP) e a porcentagem de plantas aptas a sangria. A castanheira-da-amazônia apresentou uma dinâmica de crescimento satisfatória para a espécie fora do ambiente de ocorrência natural. Porém, os clones de seringueira

apresentaram tanto dinâmica de crescimento como porcentagem de plantas aptas à sangria inferiores ao observado para os mesmos clones implantados em monocultivos em outros locais no Brasil.

**Palavras-chave:** silvicultura, reflorestamento, cultivo da seringueira, espécies tropicais.

## ABSTRACT

GROWTH DYNAMICS OF THE CHESTNUT-AMAZON (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) AND CLONES OF THE RUBBER TREE (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) IN AN INTERCROPPING AGROFORESTRY IN LAVRAS, MG

The study was conducted with the objective of analyzing the growth dynamics of the amazon chestnut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) and clones of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) in consortium, in Lavras, MG, Brazil. The planting of amazon chestnut followed a randomized block design with four replications and 24 plants per plot, for a total of 96 plants, arranged in a spacing of 3 m x 3 m. Plants were evaluated at 0.33, 0.75, 1.08, 1.91, 2.5, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting, with the measurement of total height (H). Already at 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 and 16 years were evaluated diameter at breast height (DBH), basal area (G), the volume per plant (V / plt) and volume per hectare (V / ha). At 10, 11, 12, 14 and 16 years after planting, were evaluated the survival rate (S%) of the plants. The rubber tree was implanted at spacing of 6 m x 3 m, interspersed by two lines of amazon chestnut. The experimental design for the rubber tree was a randomized block with six clones and three replications with four plants per plot, totaling 72 plants. Assessments occurred at 7, 8, 9, 11 and 13, and covered a total height (H) of rubber plants, circumference at 1.20 m (CAP) and the percentage of plants able to bleed. The amazon chestnut showed a satisfactory growth dynamics for the species outside of naturally occurring. However, the rubber tree clones showed both dynamic growth as percentage of plants able to bleed lower than observed for the same clones in monoculture deployed elsewhere in Brazil.

**Keywords:** Forestry; Reforestation; Rubber tree cultivation; Tropical species.

## 1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais apresenta grande potencial para plantios florestais homogêneos, mistos ou em sistemas agroflorestais, em áreas já alteradas pelas atividades de agricultura e pecuária. O interesse pelo reflorestamento na região de Lavras tem aumentado substancialmente, em decorrência da demanda regional por produtos florestais, principalmente para fins energéticos e industriais.

Porém, a maioria das pesquisas silviculturais brasileiras é relacionada com espécies introduzidas, de rápido crescimento, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. As espécies nativas, muitas vezes, deixam de ser utilizadas em programas de reflorestamento pela inexistência de informações relativas à sua ecologia, silvicultura e dinâmica de crescimento.

Os estudos de dinâmica de crescimento de diâmetros à altura do peito, da altura e do volume produzido anualmente são importantes, pois fornecem informações silviculturais imprescindíveis para o planejamento e o manejo das plantações florestais, tais como práticas culturais de controle de plantas invasoras, épocas de adubações, intervenções silviculturais de desrama, desbaste e de rotações florestais. Santos, Freitas e Silva (2009) endossam que o entendimento de como se processa o crescimento das árvores numa plantação comercial auxilia a tomada de decisão por parte do empreendedor florestal.

Dentre as espécies florestais nativas da região Amazônica, a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl) se destaca pelo seu potencial de usos múltiplos relacionados com a produção de castanhas e de produção de madeira de qualidades para usos principalmente na construção civil. Outra espécie florestal desta região é a seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) que também apresenta potencial de usos múltiplos relacionados com a produção de borracha natural e de madeira.



As espécies florestais castanheira-da-amazônia e seringueira apresentam potencial para compor alternativas de reflorestamentos e/ou plantios consorciados de espécies florestais de usos múltiplos, para viabilizar a diversificação das atividades florestais, ampliar o fornecimento de produtos florestais e estimular as atividades de fomento florestal para a região de Lavras, estado de Minas Gerais.

As avaliações de crescimento de clones de seringueira em novas regiões deve ser o primeiro passo até a definição de clones mais produtivos e resistentes a pragas e doenças (MACEDO et al., 2002). Dessa forma, torna-se possível definir zonas isentas de doenças, como o mal-das-folhas e altamente potenciais para a cultura.

Porém, não existem, até a presente data, referências sobre estudos de dinâmica de crescimento de castanheira-da-amazônia fora da região de ocorrência natural da espécie. Constata-se também a inexistência de curvas de crescimento específicas para clones de seringueira introduzidos na região de Lavras, MG.

As características silviculturais da castanheira a qualificam como uma das mais promissoras espécies nativas para reflorestamento em áreas abertas da Amazônia, considerando-se seu crescimento, forma, derrama natural, produção volumétrica, ausência de problemas fitossanitários e ampla base genética para o estabelecimento das plantações (YARED et al., 1993).

Inserido neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a dinâmica de crescimento das espécies florestais castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), introduzidas em consórcio agroflorestal, em Lavras, MG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais (Figura 1). As coordenadas geográficas da área onde foi instalado o experimento são: 21°13'30" de latitude Sul e 44°58'16" de longitude Oeste, à altitude de 931 m.



**Figura 1.** Localização da cidade de Lavras, MG, e da área em campo onde está implantado o experimento de introdução da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl. Lecythidaceae) em consórcio com clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg. Euphorbiaceae).

O clima da região de Lavras, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), com temperatura média anual variando de 18 °C a 20 °C (MACEDO et al., 2004). As geadas são

raras, com temperaturas mínimas absolutas de até 3,3 °C. A precipitação média anual varia entre 1.300 mm a 1.700 mm, com regime de distribuição periódica predominante nos meses mais quente (outubro a março). O inverno tem de dois a quatro meses secos, com déficit hídrico entre 10 mm e 30 mm anuais. A evapotranspiração potencial anual varia entre 800 mm a 850 mm e a insolação média é de, aproximadamente, 2.483 horas (MACEDO et al., 2004).

O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico. Apresenta relevo plano e, anteriormente à implantação do experimento, foi ocupada por plantação de café.

## **2.2. Implantação da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)**

As sementes das castanheiras foram coletadas de matrizes selecionadas no norte do estado de Mato Grosso, no entorno das cidades de Alta Floresta e Paranaíta, locais de ocorrência natural da espécie. A coleta das sementes foi realizada de acordo com as recomendações e os critérios técnicos previstos para a coleta de germoplasma florestal, conforme Ferreira e Araujo (1981).

As mudas das castanheiras foram produzidas em casa de sombra (sombrite de 50%), em viveiro, no Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Vinte dias antes do plantio das mudas em campo, elas passaram por um processo de aclimação, com a retirada gradual do sombreamento.

O preparo da área para a realização do plantio das mudas constou de limpeza da área total; combate a formigas por meio da aplicação de formicida isca; alinhamento, coroamento e abertura de covas de dimensões 40 cm x 40 cm x 40 cm e aplicação de adubação na cova (200 g de superfosfato simples e 10 L de composto orgânico).

O experimento em campo seguiu um delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e 24 plantas por parcela, perfazendo um total de 96 mudas. Cada bloco foi composto por 24 plantas, dispostas no espaçamento de 3 m entre plantas e 3 m entre linhas.

O plantio das mudas foi realizado em janeiro de 1996, com mudas de aproximadamente 30 cm de altura e com 10 folhas a 16 folhas definitivas. Três meses após o plantio (abril de 1996) das mudas em campo, foi realizado o replantio de 21 mudas mortas por problemas de seca ou ataque de formiga. As que foram utilizadas para o replantio eram oriundas do mesmo lote de mudas aclimatadas e utilizadas no plantio inicial. O controle de matocompetição foi realizado por meio de roçadas e capinas manuais.

No primeiro ano de plantio, durante os meses de abril a novembro, o experimento foi irrigado manualmente, pelo menos duas vezes por semana, para suprir a deficiência hídrica na região.

Para observações silviculturais, 50% do número total de mudas plantadas em campo foram sombreados com sombrite de 50%. Entretanto, um ano após o plantio das mudas em campo, foram observados, nas plantas de castanheira-da-amazônia não sombreadas, sinais característicos de não adaptação à condição de pleno sol (amarelecimento, encarquilhamento, seca e desfolha generalizada), contrariando a recomendação de que a castanheira se desenvolve melhor em condições de plena luminosidade (SCOLES; GRIBEL; KLEIN, 2011). Logo, foi instalada uma proteção de sombrite 50% também nas plantas antes não sombreadas em campo. O sombreamento foi retirado aos dois anos após o plantio das mudas em campo, quando foram observadas a aclimação e a adaptação das mudas de castanheira-da-amazônia à condição de pleno sol, com a ausência de sintomas visuais antes observados.

### **2.3. Implantação de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.)**

O consórcio da castanheira-da-amazônia com clones de seringueira foi instalado com o plantio das mudas de seringueira, em janeiro de 1999, no espaçamento 6 m x 3 m, sendo cada linha de seringueira intercalada por duas linhas de castanheira-da-amazônia, que já estavam plantadas na área desde 1996. O delineamento experimental utilizado para os clones de seringueira foi o de blocos casualizados com seis clones de seringueira (PB235; IAC 15; IAN 3193; PR 255; IPA 1 e RRIM 600) e três repetições, com quatro plantas por parcela, totalizando 72 plantas.

O preparo do solo consistiu na abertura de covas com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, nas entrelinhas do plantio com a castanheira-da-amazônia. A adubação foi realizada na cova, com a aplicação de 300 g de Yorin e a adubação de cobertura foi realizada 15 dias após o plantio, com a aplicação de 150 g de N-P-K (formulação 20-5-20). O controle de matocompetição foi realizado por meio de roçadas e capinas manuais.

### **2.4. Avaliação da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)**

A altura total (H) das plantas de castanheira-da-amazônia foi avaliada aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio em campo. Para as medições da altura, utilizou-se uma vara telescópica.

A circunferência à altura do peito (CAP) (medida a 1,30 m do solo) foi avaliada aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, quando

as plantas já apresentavam altura maior ou igual a 1,30 m. Para as medições da CAP foi utilizada fita métrica. Para fins de análise, os dados de CAP foram transformados para diâmetro à altura do peito (DAP), por meio da divisão do CAP de cada planta por  $\pi$  (pi).

Aos 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, foi avaliada a porcentagem de sobrevivência (S%) das plantas. A sobrevivência foi determinada para cada ano de avaliação e determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecida de forma proporcional ao número total de plantas da parcela, obtendo-se a porcentagem de plantas remanescentes.

A área basal (G) das castanheira-da-amazônia e o volume por planta (V/pl) e por hectare (V/ha) foram calculados para as avaliações de 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo, tendo a área seccional por planta de cada parcela sido calculada por meio da fórmula

$$G/plt \square \frac{\pi (DAP)^2}{40.000}$$

em que:

G/plt: área basal por planta, em m<sup>2</sup>;

$\pi$ : constante (3,141592654...);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm)

O volume por planta (V/plt) de castanheira-da-amazônia foi calculado utilizando-se a expressão:

$$\frac{V}{\text{plt}} = \pi \cdot (\text{DAP})^2 \cdot H \cdot f$$

plt 40.000

em que:

V/plt: volume por planta (m<sup>3</sup>)

DAP: diâmetro à altura do peito (cm)

H: altura das árvores (m);

f: fator de forma, (0,48)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>para a castanheira-da-amazônia em ambiente de ocorrência natural (TONINI e ARCO-VERDE, 2004)

## 2.5. Avaliação da seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.)

Aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio dos clones de seringueira em campo, no consórcio com a castanheira-da-amazônia, foram avaliadas a altura total (H) das plantas de seringueira, a circunferência à altura do peito (CAP) (medida a 1,20 m do solo) e a sobrevivência.

Para as medições foram utilizadas a vara telescópica e a fita métrica, respectivamente, para a mensuração da altura e CAP. A sobrevivência foi determinada para cada ano de avaliação e determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecida de forma proporcional ao número total de plantas da parcela, obtendo-se a porcentagem de plantas remanescentes.

De posse dos dados de CAP das plantas de seringueira foi determinado o número de plantas aptas à sangria para cada clone em cada idade de avaliação,

sendo o padrão estabelecido para o início de sangria o de  $CAP \geq a$  45 cm (BERNARDES et al., 1992).

## 2.6. Análise dos dados

Para a avaliação da castanheira-da-amazônia, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e de homogeneidade das variâncias (Cochran). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, ao serem verificadas diferenças significativas, pelo teste F, a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de média (Teste Tukey, a 5% de probabilidade). Foram realizadas análises de regressão e, para a escolha das equações, foi considerado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a significância dos coeficientes e o significado biológico dos modelos. Devido à distância irregular entre as idades avaliadas, o ajuste de modelos foi realizado apenas para o intervalo de avaliação de 10 anos a 16 anos após o plantio em campo. As análises foram realizadas empregando-se o software Statistic 8.0 (STATSOFT, 2008).

Para avaliação dos clones de seringueira, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e de homogeneidade das variâncias (Cochran). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, ao verificar diferenças significativas, pelo teste F, a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de média (Teste Tukey, a 5% de probabilidade). Foram realizadas análises de regressão e, para a escolha das equações, foram considerados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a significância dos coeficientes e o significado biológico dos modelos. As análises foram realizadas empregando-se o software Statistic 8.0 (STATSOFT, 2008).



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

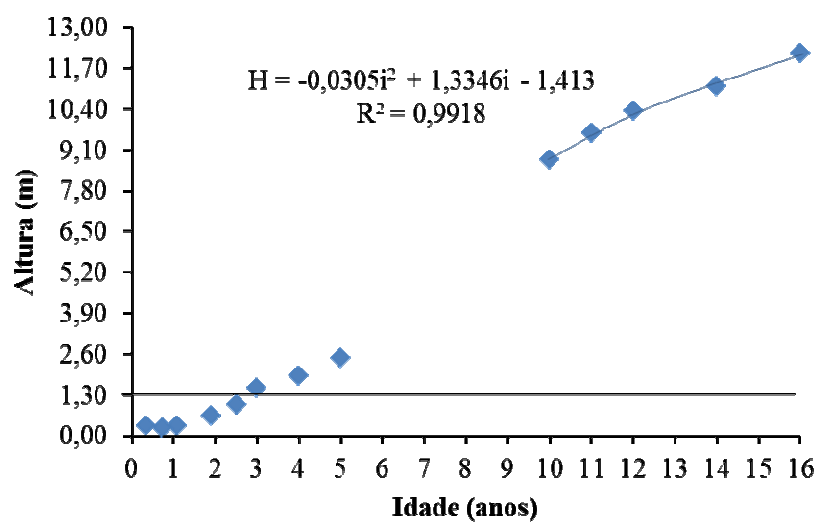
#### 3.1. Castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)

Nos primeiros anos após plantio em campo, as plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG, em consórcio com clones de seringueira, apresentaram comportamento peculiar no crescimento em altura (Figura 2). Aos cinco anos após o plantio, a castanheira-da-amazônia apresentou em torno de 2,5 m de altura e apenas a partir de três anos foram observadas plantas com altura superior a 1,30 m (Figura 2). Porém, aos 10 anos após o plantio em campo, as castanheiras atingiram a altura média de 8,8 m e, aos 16 anos, essa medida foi de 12,2 m (Figura 02). Entre o décimo ano e o décimo sexto ano de idade, a espécie apresentou tendência de crescimento quadrático (Figura 2).

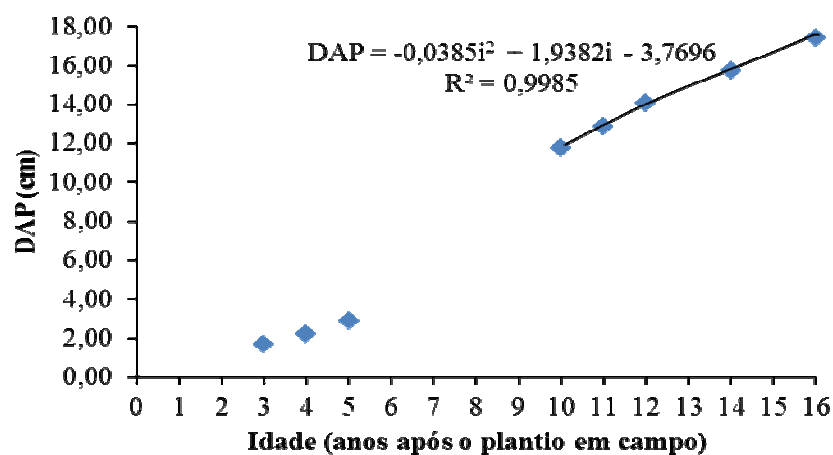
O crescimento da castanheira-da-amazônia foi estudado na região de ocorrência natural da espécie, em Manaus, AM, no mesmo espaçamento utilizado no presente estudo. Constatou-se que, aos 12 meses após o plantio em campo, as plantas já apresentavam altura superior a 1,3 m; aos 5 anos, altura de 5,8 m e aos 10 anos, apresentavam altura de 15,41 m (FERNANDES; ALENCAR, 1993), valores estes consideravelmente superiores aos observados no presente estudo.

A dinâmica de crescimento do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG foi observada, inicialmente, aos três anos, com média de 1,7 cm; já aos quatro e aos cinco anos após o plantio em campo, as plantas apresentaram, respectivamente, valores de DAP de 2,2 cm e 2,9 cm (Figura 3). A tendência de crescimento em DAP da castanheira-da-amazônia foi quadrática, no período de 10 anos a 16 anos após o

plântio em campo, tendo, aos 10 anos, as plantas apresentando, em média, DAP de 11,8 cm e, aos 16 anos, DAP de 17,4 cm (Figura 3).



**Figura 2.** Dinâmica de crescimento em altura de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG e cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) e avaliadas aos 0,33; 0,75; 1,08; 1,91; 2,5; 3; 4; 5; 10; 11; 12; 14 e 16 anos após o plantio.



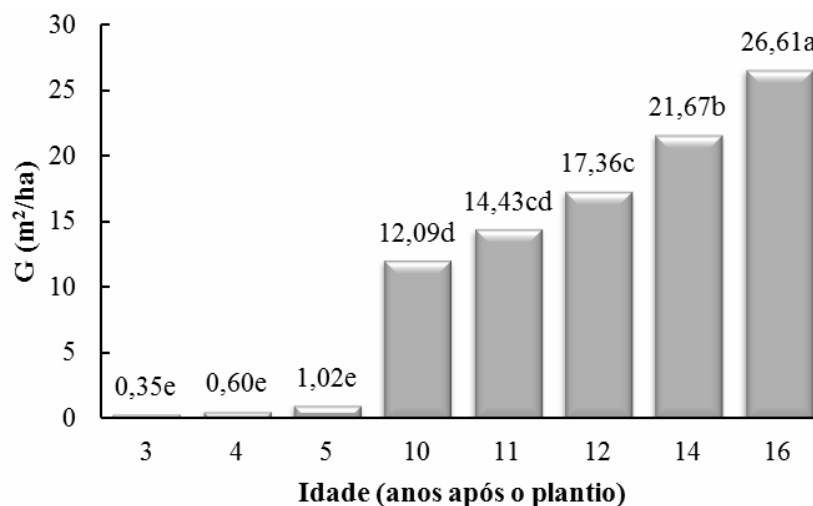
**Figura 3.** Dinâmica de crescimento em diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) de plantas de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio.

Em um cultivo homogêneo de castanheira-da-amazônia aos 10 anos de idade, na região de Manaus (região de ocorrência natural da espécie), Fernandes e Alencar (1993) observaram DAP de 13,9 m, medida esta superior à observada para as plantas introduzidas em Lavras, MG. Tal fato também foi observado por Ferreira e Tonini (2009) que, estudando a castanheira-da-amazônia na região de Cantá, RR, constataram DAP de 25,5 cm, aos dez anos de idade.

Porém, comparando-se a dinâmica de crescimento em DAP das plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG com a de algumas espécies florestais nativas da mesma região de origem, observa-se que, com 15 anos de idade, as castanheiras implantadas em Lavras apresentaram um crescimento em DAP superior ao das seguintes espécies, aos 15 anos após plantio em campo: andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., 7,4 cm), copaíba

(*Copaifera reticulata* Ducke, 14,3 cm), fava-tamboril (*Enterolobium maximum* Ducke, 13,2 cm), acapu (*Vouacapoua americana* Aubl., 9,5 cm), cajuazeiro (*Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl., 16,0 cm) e sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess., 13,7 cm) (SALOMÃO et al., 2006).

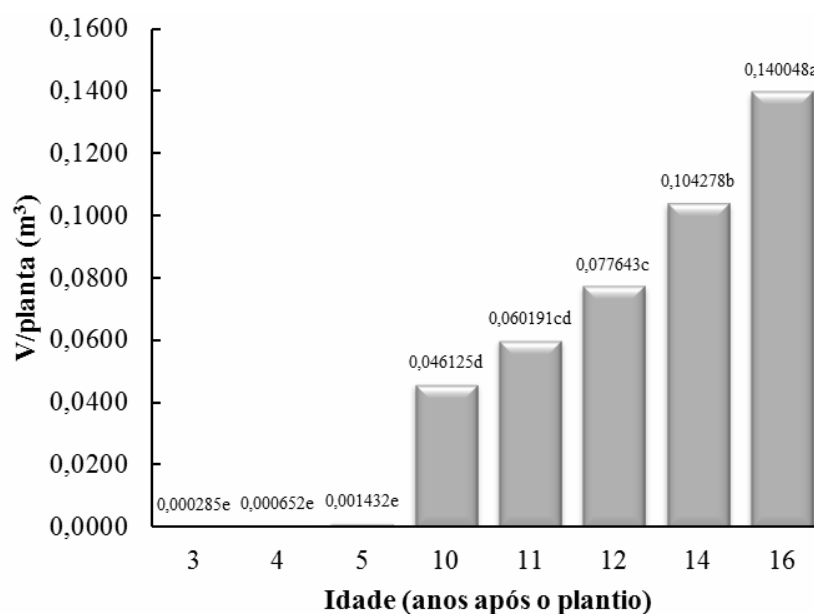
Analisando-se a área basal (G) da castanheira-da-amazônia introduzida em Lavras, MG, observam-se os maiores valores nas maiores idades de avaliação (Figura 4), sendo que, aos 16 anos após o plantio em campo, a G foi diferente estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) da G, na avaliação aos 14 anos, assim como a G das árvores aos 14 anos após o plantio em campo foi superior e diferente estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) da G aos 12 anos. Já a G aos 12 anos não diferiu estatisticamente ( $p > 0,05$ ) dos valores de G aos 11 anos e, nas avaliações iniciais, aos 3, 4 e 5 anos após o plantio em campo, a G não diferiu estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre si (Figura 4). Estas diferenças estatísticas observadas para a G foram também constatadas para os resultados de volume por planta (V/planta) (Figura 5) e volume por hectare (V/ha) (Figura 6), decorrente da interdependência comum dos cálculos envolvidos na determinação dos valores destas variáveis.



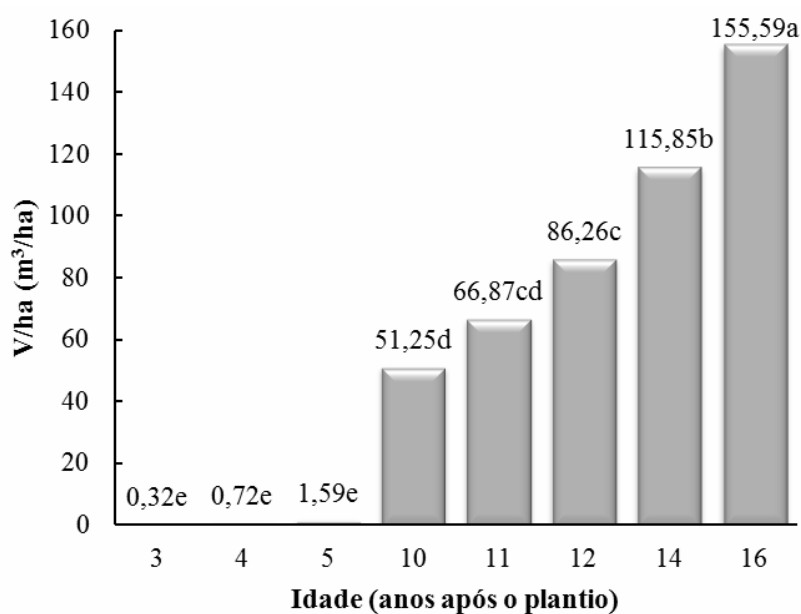
**Figura 4.** Área basal (G) de castanheiras-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).

A área basal é uma importante característica da densidade do povoamento, que fornece o grau de ocupação de determinada área por madeira (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2007) e é fundamental nos modelos de crescimento e produção, visto que o volume por unidade de área depende da idade, do índice de sítio e de uma medida de densidade muitas vezes expressa pela área basal (SCOLFORO; THIERSCH, 2004). No presente estudo, a área basal de castanheira-da-amazônia por hectare, aos 10 anos, foi 12,09 m<sup>2</sup>/ha (Figura 4), valor superior ao observado por Fernandes e Alencar (1993), em Manaus, AM, em castanheiras-da-amazônia com a mesma idade e plantadas também no espaçamento de 3 m x 3 m, cuja área basal média por hectare foi de 11,7 m<sup>2</sup>/ha.

Os satisfatórios crescimento e produção volumétrica da castanheira são qualidades que tornam esta espécie promissora para programas de reflorestamento (YARED et al., 1993).

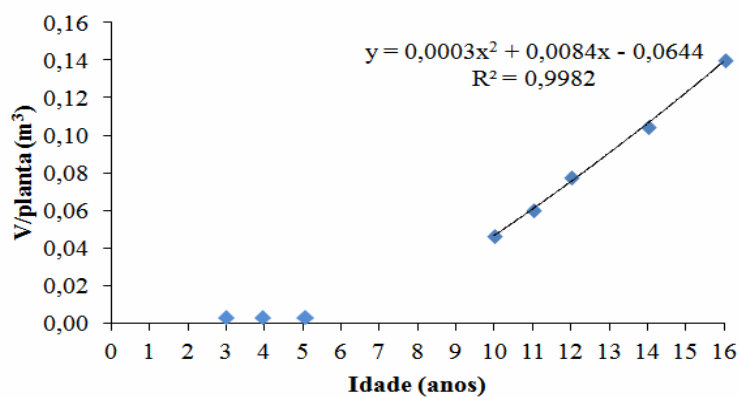


**Figura 5.** Volume por planta (V/planta) de castanheiras-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).



**Figura 6.** Volume por hectare (V/ha) de castanheiras-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em um consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).

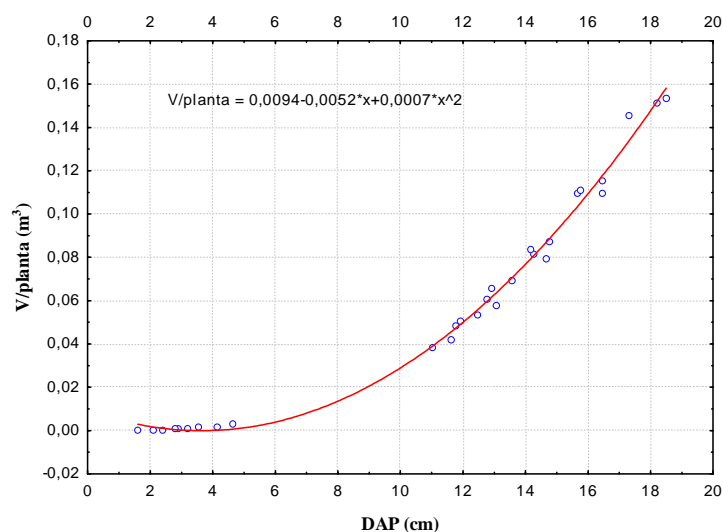
Em relação à dinâmica do volume de madeira, as plantas de castanheira-da-amazônia introduzidas em Lavras, MG apresentaram tendência quadrática no período de 10 anos a 16 anos após o plantio em campo (Figura 7).



**Figura 7.** Volume (V) por planta de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo.\* significativo, a 5% de probabilidade.

O volume por planta foi estimado em função do DAP (Figura 8) e a tendência observada foi semelhante à observada por Tonini, Arco-Verde e Sá (2005), para o volume, comercial com casca, de castanheiras-da-amazônia aos sete anos de idade.





**Figura 8.** Relação volume com casca por planta ( $V/planta$ ), em função do diâmetro a 1,30 do solo (DAP), de castanheiras-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) implantadas em 1996, em Lavras, MG, cultivadas em um consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e avaliadas aos 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14 e 16 anos após o plantio em campo. \*significativo, a 5% de probabilidade.

### 3.2. Seringueira

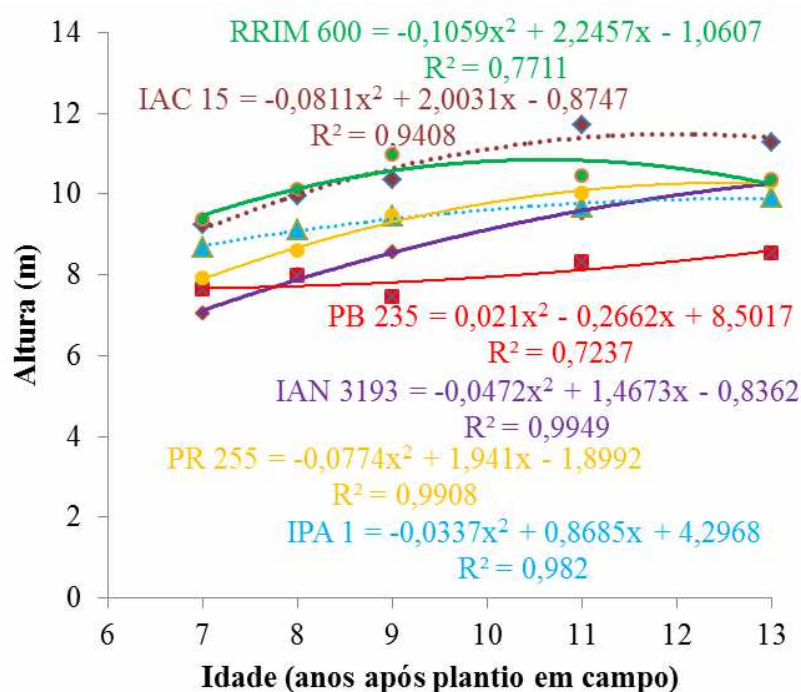
Analisando-se o crescimento em altura de clones de seringueira (Figura 10) em consórcio com castanheira-da-amazônia, em Lavras, MG e avaliados entre 7 anos e 13 anos, observou-se tendência quadrática para todos os clones (Figura 10).

Aos sete anos após plantio em campo, os clones que apresentaram maiores valores de altura, em ordem decrescente, foram RRIM 600, IAC 15,

IPA 1, PR 255, PB 235 e IAN 3193, variando de 9,59 m e 6,85 m, respectivamente para os clones RRIM 600 e IAN 3193 (Figura 10). A mesma tendência de crescimento em altura foi observada para os clones aos 8 anos após o plantio (Figura 10). Porém, aos 9 anos após o plantio observou-se que o clone IAN 3193 apresentou acréscimo tal no crescimento em altura que superou a altura do clone PB 235 (Figura 10), tendo esta tendência sido mantida até a última avaliação, realizada aos 13 anos, quando a altura do clone IAN 3193 superou também o clone IPA 1 (Figura 10).

Os clones RRIM 600 (a partir dos nove anos) e PB 235 (aos nove anos) apresentaram tendência em decréscimo da altura contrária à observada para os demais materiais genéticos (Figura 10). Tal fato pode ser explicado pelo desempenho destes clones no ambiente de competição imposto pelo consórcio e, conseqüentemente, à redução da altura de muitas árvores deles, em decorrência de perda de vigor e da conseqüente morte e quebra do meristema apical.

Na ocasião da última avaliação da seringueira, realizada aos 13 anos após o plantio, observou-se que os clones que apresentaram maiores valores de altura, em ordem decrescente, foram IAC 15, RRIM 600, PR 255, IPA 1, IAN 3193 e PB 235, variando de 11,30 m e 9,40 m, respectivamente, para os clones IAC 15 e PB 235 (Figura 10).



**Figura 10.** Dinâmica de crescimento em altura de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müel.l Arg.) implantadas em 1999, em Lavras, MG, cultivadas em consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio.

Em estudos com seringueira realizados por Oliveira et al. (2002), na região de Paranapoema, PR, avaliando o clone PB 235, os autores verificaram alturas de 6 m, 8 m e 18 m, respectivamente para avaliação aos 4 anos, 6 anos e 15 anos após plantio em campo, portanto, superiores às encontradas no presente estudo (Figura 10).

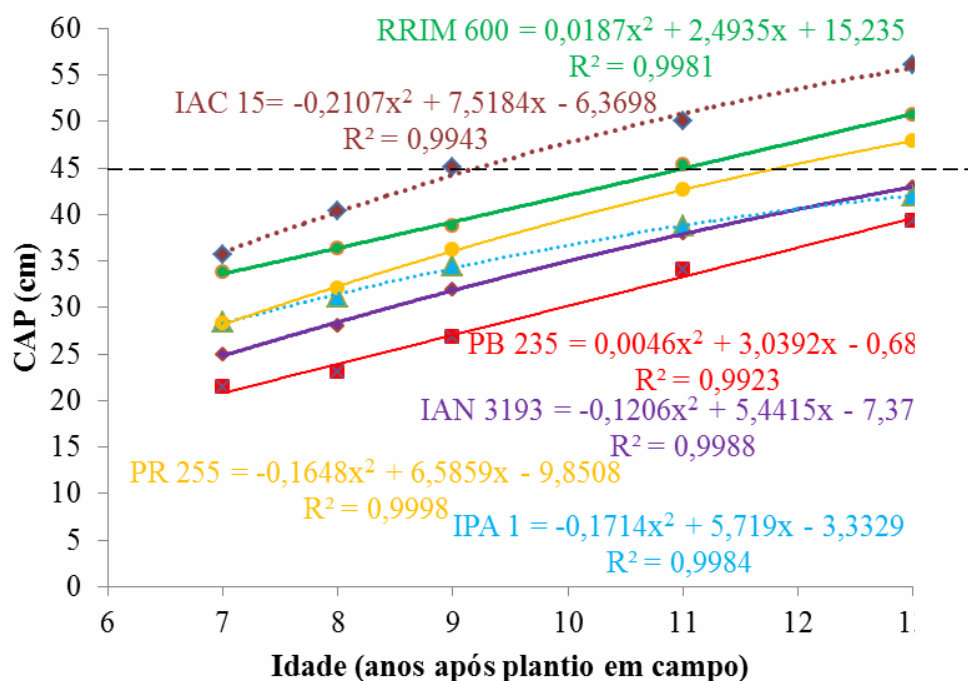
Os resultados para altura observados para os clones PB 235 e PR 255 foram menores que os encontrados por Santos et al. (2009), em Itiquira, MT, de

15 m para o clone PR 255, aos 14 anos de idade e 15 m para o clone PB 235, aos treze anos de idade.

Provavelmente, o menor crescimento em altura, verificado para os clones de seringueira no presente estudo, está relacionado ao fato de se tratar de um consórcio com outra espécie arbórea, com porte em altura e vigor vegetativo superiores aos da seringueira. Esse fator pode limitar a incidência direta da radiação solar sobre as seringueiras, provavelmente comprometendo a sua eficiência fotossintética, por consequência o seu crescimento e produção.

A análise da dinâmica de crescimento e o acompanhamento do desempenho de clones de seringueira introduzidos em uma nova região são fundamentais para fornecer subsídios técnicos/científicos sobre o potencial de adaptação desses clones em consórcio agroflorestal, principalmente devido à inexistência de outros experimentos de introdução de seringueira nesta região (MACEDO et al., 2004) e também em função do potencial climático, econômico, social e ecológico, eminentes para o sucesso desse tipo de sistema agroflorestal.

Analisando-se o crescimento em circunferência (mensurada a 1,20 m do solo) (CAP) de clones de seringueira (Figura 11), em consórcio com castanheira-da-amazônia em Lavras, MG e avaliados entre 7 e 13 anos, observou-se tendência quadrática para todos os clones (Figura 11).



**Figura 11.** Dinâmica de crescimento em circunferência (mensurada a 1,2 m do solo) (CAP) de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em um consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e avaliadas aos 7(2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio em campo, em Lavras, MG.

Aos sete anos após plantio em campo, os clones de seringueira que apresentaram maiores valores de CAP, em ordem decrescente, foram IAC 15, RRIM 600, IPA 1, PR 255, IAN 3193 e PB 235, variando de 37,67 cm a 22,70 cm, respectivamente para os clones IAC 15 e PB 235 (Figura 11). Porém, aos 13 anos após plantio, observou-se que a curva de crescimento em CAP do clone IPA 1 apresentou tendência a estabilizar o crescimento, sendo superado, em

termos de valores médios, pelo clone IAN 3193, fato este não observado nas avaliações anteriores (Figura 11).

O crescimento em CAP é determinante para o início da sangria das plantas de seringueira (MACEDO et al., 2009). A idade em que as plantas de seringueira atingem o CAP mínimo de 45 cm para início da sangria varia de acordo com a região de cultivo e entre clones (GONÇALVES et al., 1993). O vigor de um clone de seringueira pode ser determinado pelo CAP, que é uma variável de suma importância em um seringal, principalmente quando este clone se encontra em fase de formação, pois é fator indicador para entrada de um seringal em produção (GONÇALVES; CARDOSO; SÁES, 1991).

Analisando-se a dinâmica de crescimento em CAP dos clones de seringueira, visando à sangria, observa-se que apenas três apresentaram valores médios de CAP aptos ( $CAP \geq 45$  cm), sendo eles: o clone IAC 15, a partir dos nove anos; o clone RRIM 600, a partir dos 11 anos e o clone PR 255, a partir dos 12 anos (Figura 11). Os demais clones (IAN 3193, IPA 1, PB 235) estudados, de forma geral, não apresentaram valores médios de CAP aptos à sangria, demonstrando um maior período de imaturidade, pois, com 13 anos (Figura 11), os referidos clones ainda não haviam atingido a média de CAP necessária para abertura do painel e início de produção de látex, provavelmente em função da competição em decorrência do espaçamento estabelecido no consórcio.

Macedo et al. (2009), estudando o comportamento inicial de vários clones de seringueira (entre eles os clones testados no presente estudo), em Paracatu, MG, em um monocultivo estabelecido no espaçamento de 10 m x 2 m, estimaram que, para aquela região de Minas Gerais, os clones de seringueira estariam aptos para a sangria aos 10 anos de idade.

Em estudo realizado por Martins et al. (2000), em Pindorama, SP, os clones RRIM 600 e PB 235, aos sete anos de idade, apresentaram, respectivamente, CAP de 46,73 cm e 46,55 cm, resultados superiores ao

observado no presente trabalho (Figura 11). Gonçalves et al. (1999), na estação experimental de Votuporanga, SP, verificaram que o clone RRIM 600 alcançou CAP de 40,57 cm, aos sete anos de idade.

Em Tabapuã, SP, o clone RRIM 600 alcançou a média ideal de CAP para sangria aos sete anos de idade (45,60 cm), enquanto o IAC 15 alcançou média ideal aos 6 anos (51,12 cm) (GONÇALVES et al., 1993).

Estudando vários clones na região de São Paulo, dentre eles o IAN 3193, Gonçalves et al. (2001) observaram os seguintes valores para o referido clone em CAP: 37,01 cm, 42,42 cm, 44,50 cm e 63,73 cm, respectivamente aos 7, 8, 9 e 11 anos após plantio em campo. Esses resultados demonstram que o referido clone alcançou CAP para a sangria aos 10 anos, o que não ocorreu com este clone no presente estudo, no qual o referido clone, até os 13 anos (Figura 11), ainda não havia apresentado o CAP médio recomendável para sangria.

Os clones IAC 15 e RRIM 600 foram os que apresentaram maiores crescimento em circunferência (Figura 11). Os clones IAN 3193, IPA 1 e PB 235 apresentaram CAPs inferiores aos dos demais e o clone PR 255 comportou-se de forma intermediária, quanto ao desenvolvimento da circunferência do caule (Figura 11).

Na análise de variância para a variável porcentagem de plantas de seringueira aptas a sangria, não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) de clones e blocos. Porém, como se trata de apenas quatro plantas por parcela e o coeficiente de variação, em função disso, foi considerado elevado (Tabela 2), optou-se por apresentar o desdobramento do efeito de clones e blocos na porcentagem de plantas aptas à sangria (Tabela 2 e Tabela 3).

**Tabela 2.** Porcentagem de plantas de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) aptas à sangria (%) ( $CAP \geq 45$ ) e avaliadas aos 7 (2006), 8 (2007), 9 (2008), 11 (2010) e 13 (2012) anos após o plantio, em um consórcio com castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Lavras, MG.

Clones de seringueira	Porcentagem de plantas com $CAP \geq 45$				
	2006	2007	2008	2010	2012
<b>IPA 1</b>	0,0 a	8,3 a	8,3 a	16,7 a	33,3 a
<b>IAN 3193</b>	8,3 a	8,3 a	8,3 a	33,3 a	41,7 a
<b>PB 235</b>	8,3 a	8,3 a	8,3 a	16,7 a	41,7 a
<b>PR 255</b>	8,3 a	25,0 a	41,7 a	58,3 a	58,3 a
<b>RRIM 600</b>	16,7 a	33,3 a	50,0 a	66,7 a	66,7 a
<b>IAC 15</b>	8,3 a	25,0 a	41,7 a	58,3 a	66,7 a
<b>Média geral</b>	<b>8,3</b>	<b>18,1</b>	<b>26,4</b>	<b>41,7</b>	<b>51,4</b>
<b>CV(%)</b>	190	112,1073	116,88	79,75	77,26

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Mesmo que, estatisticamente, os clones de seringueira não tenham apresentado diferença significativa entre a porcentagem de plantas aptas à sangria em cada ano de avaliação, observaram-se porcentagens tecnicamente expressivas (Tabela 2). Adotando-se um valor mínimo de 50% de plantas aptas para o início da exploração do seringal, observou-se que, aos nove anos após plantio em campo, apenas o clone RRIM 600 apresentou 50% das plantas aptas à sangria (Tabela 2). Aos 11 anos após plantio, além do clone RRIM 600, com 66,7% de plantas aptas à sangria, os clones PR 255 e IAC 15 atingiram 58,3% de plantas aptas (Tabela 2). Aos 13 anos após plantio em campo, apenas três (RRIM 600, PR 255 e IAC 15), dos seis clones estudados, apresentaram mais de 50% de plantas aptas à sangria, que é considerado um número baixo, quando comparado aos de outros trabalhos, os quais serão citados a seguir.

Gonçalves et al. (1993), em estudo no município de Tabapuã, SP, observaram que, para o clone IAC 15, aos sete anos, 80% estavam aptos à sangria, enquanto, para o clone RRIM 600, somente 40% atingiram esse ponto.



Gonçalves et al. (2001), estudando vários clones de seringueira na região do Vale da Ribeira, SP, verificaram que o modelo de crescimento variou entre clones, ou seja, IAC 315, IAC 328, Fx 3864, IAC 324, IAC 323 e IAN 6323 alcançaram médias superiores a 45 cm de CAP aos seis anos de idade, enquanto o IAN 873 alcançou essa média no sétimo ano de idade. Os clones IAC 301, IAC 304 e IAC 327, juntamente com os amazônicos Fx 3899, IAN 3044 e IAN 4493, mostraram o mais longo período de imaturidade, pois alcançaram somente aos oito anos e aos nove anos de idade a média de CAP necessária para abertura do painel.

Fialho et al. (2008), avaliando o desempenho do CAP de genótipos de seringueira em Planaltina, DF, observaram que, aos seis anos de idade, todos os clones estudados não estavam aptos à sangria, tendo observado os seguintes resultados para os clones: IPA 1, 22,8 cm, RRIM, 35,50 cm, PB 235, 36,90 cm e PR 255, 39,90 cm.

Segundo Fonseca Filho et al. (1993), para a seleção de clones de seringueira, além do estudo da produção de borracha seca, é importante o conhecimento de caracteres secundários, como espessura de casca e circunferência do caule.

Pereira et al. (1999) consideram que a porcentagem de plantas aptas à sangria, com circunferência do caule a 1,20 m do solo, com valores maiores que 45 cm, é um caráter determinante de vigor e da adaptação do clone ao ambiente.

Mesmo não havendo diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) entre os três blocos analisados por anos de estudo (Tabela 3), considerando a recomendação técnica de 50% de plantas aptas à sangria para início da exploração, independente do clone estudado, verificou-se que apenas o bloco 3, a partir de 11 anos e o bloco 1, aos 13 anos após o plantio em campo, apresentaram mais de 50% das plantas aptas à sangria (Tabela 3). Já no bloco 2, aos 13 anos após o plantio em campo, apenas 25% das plantas estavam aptas à sangria (Tabela 3).

É importante ressaltar que os resultados maiores obtidos de plantas aptas a sangria nos blocos 1 e 3, em relação ao bloco 2 (Tabela 3), mesmo não apresentando diferenças significativa ( $p>0,05$ ), provavelmente pode ter ocorrido em consequência da localização do bloco 2, que está situado entre duas linhas de castanheira-da-amazônia. Tal fato pode ter proporcionado competição pelos fatores de crescimento (luz, água e nutrientes) e afetado o crescimento em CAP.

**Tabela 3.** Porcentagem de plantas de clones de seringueira, aptas à sangria (%) ( $CAP \geq 45$ ), em função do bloco, plantados em 1999, em consórcio com castanheira-da-amazônia e avaliados em diferentes épocas, em Lavras, MG.

Blocos	Porcentagem de plantas com $CAP \geq 45$				
	2006	2007	2008	2010	2012
2	0,0 a	4,2 a	12,5 a	16,7 a	25,0 a
1	8,3 a	16,7 a	25,0 a	45,8 a	58,3 a
3	16,7 a	33,3 a	41,7 a	62,5 a	70,8 a
<b>Média Geral</b>	<b>8,3</b>	<b>18,1</b>	<b>26,4</b>	<b>41,7</b>	<b>51,4</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

Para a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), o crescimento em altura e do diâmetro a altura do peito (DAP), além da produção volumétrica, confirmou um bom desempenho silvicultural da espécie no consórcio com clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras, MG.

Os clones de seringueira consorciados com a castanheira-da-amazônia, em Lavras, MG, apresentaram dinâmica de crescimento em altura e em circunferência do caule (CAP a 1,2 m) e porcentagem de plantas aptas à sangria inferiores aos observados para os mesmos clones implantados em monocultivos,

em outros locais no Brasil. Logo, o arranjo temporal e ou estrutural do consórcio pode ter afetado negativamente o crescimento dos clones no presente estudo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio fornecido.

## REFERÊNCIAS

BERNARDES, M. S. et al. **Sangria de seringueira**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ-USP, 1992. (Informativo Técnico, 8).

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-866, nov./dez. 2007. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf](http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2012.

FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá–Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.

FERREIRA, M.; ARAUJO, A. J. Procedimentos e recomendações para testes de procedência. Curitiba: EMBRAPA, 1981. (Documentos, 6).

FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies de Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após plantio. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 23, n. 2/3, p. 191-198, 1993.

FERNANDES, T. J. G. et al. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 657-665, jul./ago. 2007.

FIALHO, J. F. et al. Avaliação de genótipos de seringueira em Planaltina-DF. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O EQUILÍBRIO ENTRE SOCIEDADE, AGRONEGÓCIO E RECURSOS NATURAIS, 9., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008.

FONSECA FILHO, H. Análise do crescimento da seringueira *Hevea* spp consorciado com café na região de Lavras – MG. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 397-400.

GONÇALVES, P. S. et al. Clones promissores de seringueira para a região do Vale do Ribeira, São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2343-2353, dez. 2000. Disponível em: <[www.registro.unesp.br/museu/basededados/arquivos/00000116.pdf](http://www.registro.unesp.br/museu/basededados/arquivos/00000116.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2012.

GONÇALVES, P. S. et al. Desempenho de clones de seringueira de origem amazônica no planalto do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1469-1477, dez. 2001. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/pab/v36n12/7489.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n12/7489.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2012.

GONÇALVES, P. S. et al. Desempenho de novos clones de seringueira: seleções promissoras para a região de votuporanga, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 971-980, jun. 1999. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/pab/v34n6/8397.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n6/8397.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2012.

GONÇALVES, P. S. et al. Desempenho preliminar de clones de seringueira na região de São José do Rio Preto, planalto do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 119-130, 1993. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/](http://www.scielo.br/pdf/)>. Acesso em: 9 maio 2012.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; SÁES, L. A. Desempenho de quatro clones na região do Vale da Ribeira, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 681 – 690, maio 1991. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/105800>>. Acesso em: 21 maio 2012.

INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS. **Programa seringueira**. São Paulo: IAC, 2012. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/clones.php>>. Acesso: 9 maio 2010.

MACEDO, R. L. G. et al. Estabelecimento e crescimento inicial de clones de *Havea sp* na região de Paracatu–MG. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 84-91, jan./mar. 2009. Disponível em: <[redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/744/74413015011.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/744/74413015011.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2012.

MACEDO, R. L. G. et al. Estabelecimento de *Tectona grandis* L.f. (Teca) em sistemas agroflorestais com *Coffea arabica* L. em Lavras-MG.

**Agrossilvicultura**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 71-80, 2004.

MARTINS, A. L. M. et al. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária**

**Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, set. 2000. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/pab/v35n9/v35n9a06.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n9/v35n9a06.pdf)>. Acesso em: 9 maio 2012.

MACEDO, R. L. G. et al. Introdução de clones de seringueira no noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 124-133, 2002.

OLIVEIRA, D. et al. **Carbono na biomassa e na respiração do solo em plantio comercial de seringueiras no Paraná**. Londrina: IAI, 2002, Disponível em: <[www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/carbbiomassa\\_seringueiras.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/carbbiomassa_seringueiras.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2012.

PEREIRA, A. V. et al. Avaliação preliminar do desempenho de clones de seringueira (*Hevea* spp.) na região de Goiânia. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 24-35, 1999. Disponível: <[www.dcf.ufla.br/cerne/administracao/publicacoes/m295v5n1o3.pdf](http://www.dcf.ufla.br/cerne/administracao/publicacoes/m295v5n1o3.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2012.

SALOMÃO, R. P. et al. Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.

SANTOS, R. S.; FREITAS, S.; SILVA, J. M. Distribuição horizontal sazonal de *Erythmelus tingitiphagus* (Hymenoptera: Mymaridae) em plantios de seringueira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 1, p. 53-61, 2009. Disponível em: [rca.cav.udesc.br/rca\\_2009\\_1/Santos.pdf](http://rca.cav.udesc.br/rca_2009_1/Santos.pdf). Acesso em: 21 maio 2009.

SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 6, n. 3, p. 273-293, 2011. Disponível em: [scielolab.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v6n3/v6n3a04.pdf](http://scielolab.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v6n3/v6n3a04.pdf). Acesso em: 10 jun. 2012.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: UFV, 2007.

STATSOFT, I. N. C. **Statistica data analysis software system: version 8.0**. Tulsa: Statsoft, 2008.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. **O crescimento da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* bonpl.) em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. (Comunicado Técnico, 5).

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo

(*Tabebuia avellaneda* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).

**Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353–362, 2005.

YARED, J. A. G. et al. Comportamento silvicultural de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B.), em diversos locais na Amazônia, In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS-SBEF, 1993. v. 2, p.416-418.



**PAPER 3: HEIGHT-DIAMETER EQUATIONS FOR BRAZIL NUT  
INTERCROPPED WITH RUBBER TREE IN THE SOUTH OF MINAS  
GERAIS<sup>1</sup>**

Aldenir de Carvalho Caetano<sup>(1)</sup>, Sabina Cerruto Ribeiro<sup>(2)</sup>, Renato Luiz Grisi de  
Macedo<sup>(2)</sup>, Bruna Anair Souto Dias<sup>(2)</sup> and Nelson Venturin<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Federal do Amazonas (IFAM), campus Manaus Zona Leste, Avenida Cosme Ferreira, nº 8045, São José Operário, CEP 69083-000 Manaus, AM. E-mail: aldenir@ifam.edu.br <sup>(2)</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciências Florestais, Campus UFLA, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: sabinaribeiro@dcf.ufla.br, rlgrisi@dcf.ufla.br, brunadias@dcf.ufla.br, venturin@dcf.ufla.br

**ABSTRACT**

Brazil nut is a recognized species worldwide due to its nuts, which are traded around the globe and play an important social and economic role in the Amazon. Several studies published information on issues related with nuts production and effects of seed gathering in the species regeneration. Nonetheless, to our knowledge there are no studies focusing on dendrometric parameters for Brazil nut outside its natural occurrence area. Thus, our study aimed to adjust height-diameter equations for Brazil nut intercropped with rubber tree in the south of Minas Gerais. Four standard models were tested using an ordinary least squares-regression analysis. The goodness-of-fit criteria used were the adjusted coefficient of determination ( $\bar{R}^2$ ), the percent standard error of estimate ( $SEE_{\%}$ ) and the analysis of residual distributions. The best-fit equation for the estimation of height was model 1 ( $\bar{R}^2 = 0.950$ ;  $SEE_{\%} = 9.768$ ). The adjusted height-diameter

---

<sup>1</sup> Artigo submetido à Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

equations had comparable  $\bar{R}^2$  and  $SEE\%$  to other published studies with Brazil nut trees and further species. The adjusted height-diameter equation provided by this study can give support to future forest mensuration and management researches with this species, especially in the South-Central region of Brazil.

Index terms: *Bertholletia excelsa*, height, Amazon, Brazil.

## RESUMO

### Equações hipsométricas para castanheira-da-amazônia cultivada em consórcio com seringueira no sul de Minas Gerais

Resumo – A castanheira-da-amazônia é uma espécie reconhecida mundialmente por sua castanha, que é comercializada no mundo todo e tem importante papel social e econômico na Amazônia. Em diversos estudos foram publicadas informações sobre questões relacionadas com a produção das castanhas e os efeitos da coleta das mesmas sobre a regeneração dessa espécie. No entanto, até onde vai o nosso conhecimento, não existem estudos nos quais se avaliaram parâmetros dendrométricos da castanheira-da-amazônia fora da sua área de ocorrência natural. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de ajustar equações hipsométricas para castanheira-da-amazônia em consórcio com a seringueira, no sul de Minas Gerais. Quatro modelos foram testados, utilizando-se análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados. Os critérios de avaliação do ajuste utilizados foram o coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ), o erro padrão da estimativa ( $S_{yx}\%$ ) e a análise gráfica dos resíduos. A equação de melhor ajuste para a estimativa da altura foi o modelo 1 ( $\bar{R}^2 = 0,950$ ;  $S_{yx}\% = 9,768$ ). As equações hipsométricas ajustadas tiveram  $\bar{R}^2$  e  $S_{yx}\%$  comparáveis ao

de outros estudos publicados para castanheiras-da-amazônia e outras espécies nativas. A equação hipsométrica ajustada neste estudo pode dar suporte a futuras pesquisas de mensuração e manejo florestal desta espécie, especialmente na região centro-sul do Brasil.

Termos para indexação: *Bertholletia excelsa*, altura, Amazônia, Brasil.

## 1. Introduction

Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) is a recognized species worldwide due to its nuts, which are traded around the globe. This species occurs in non-flooded forests from Amazon, Guyana and Surinam (MORI; SWARTHOUT, 2007). It is an emergent tree that can achieve a diameter at breast height of up to 300 cm and reach up to 50 m in height (ZUIDEMA; BOOT, 2002). Brazil nut trees are presently classified as vulnerable to extinction due to extensive seed gathering and illegal deforestation (PAIVA; GUEDES; FUNI, 2011; INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES, 1996).

The seeds of the Brazil nut trees play an important social and economic role in the Amazon, providing livelihood for many of its inhabitants. Frequently, Brazil nut is pointed out as one of the most profitable non-timber forest products (ORTIZ, 2002; WADT; KAINER; GOMES-SILVA, 2005). This fact motivated the development of many studies focusing on the Brazil nut production and regeneration (KAINER; WADT; STAUDHAMMER, 2007; SCOLES; GRIBEL, 2012), population structure (WADT; KAINER; GOMES-SILVA, 2005; SCOLES; GRIBEL, 2011) and effects of selective logging on the Brazil nut trees (GUARIGUATA et al., 2009; SORIANO et al., 2012).

However, a very small number of studies to date have published information on dendrometric parameters for Brazil nut e.g. (TONINI; ARCO-

VERDE; SÁ, 2005; TONINI; COSTA; KAMINSKI, 2008). Most of these few studies were performed in areas of natural occurrence of the species. The knowledge of mensurational characteristics of the Brazil nut outside its native distributional range is essential to support its future introduction in other regions of Brazil.

The relationship between tree diameter and height is of great importance to describe the forest structure (TEWARI; GADOW, 1999). Diameter at breast height is normally easily measured in the field. Nonetheless, depending on the vegetation type, the measurement of height may be a costly and time consuming operation. An alternative is to utilize height-diameter models. They are standard tools used to predict height usually solely based on the diameter at breast height. Several studies proposed height-diameter models for commonly planted exotic species, such as *Eucalyptus* and *Pinus* (e.g. BARROS et al., 2002; TOMÉ; RIBEIRO; FAIAS, 2007; DONADONI et al., 2010; RIBEIRO et al., 2010). However, for native tree species these kinds of studies are not so common. Thus, our study aimed to help bridge this knowledge gap by adjusting height-diameter equations for Brazil nut intercropped with rubber tree in the south of Minas Gerais.

## **2. Materials and Methods**

The study was performed in an experimental area (21°13'30"S, 44°58'16"W) at the Federal University of Lavras, located in southern Minas Gerais State, Brazil. The mean temperature in Lavras is 19.3°C and the average annual rainfall is around 1.530mm, concentrated during the summer season (from December to February). Soils at the study site were Oxisol. The area was at an altitude of approximately 931m.

### **2.1. Seedling production**

Seeds of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) were collected in Alta Floresta and Paranaíta, in northern Mato Grosso State, in areas of natural occurrence of the species. Seedlings were grown under 50% shade at the nursery of the Department of Forest Sciences from the Federal University of Lavras. Seedlings underwent a stage of acclimatization, with the shading gradual withdrawal, twenty days before planting in the field.

Rubber tree (*Hevea brasiliensis* (Willd ex A. Juss.) Muell Arg.) seedlings were purchased from reputable nurseries.

### **2.2. Field experiment**

The first step of the field experiment was initiated in the summer of 1996. Prior to planting the area was cleaned and the attack of ants prevented by using baits. Superphosphate (200g) and organic compost (10L) were applied in each one of the 40 x 40 x 40cm planting holes. Seedlings of the Brazil nut tree were planted in 3 x 3m spacing with a split-plot design with four replicates. A total of 24 split-plots were established, totaling 96 seedlings. Weed control was performed during the entire experiment period.

Three years later, in the summer of 1999, the seedlings of rubber trees were planted in every two inter rows of Brazil nuts (6 x 3m spacing), initiating the intercropping of Brazil nut with rubber trees. The rubber tree experiment was carried out in casualized blocks composed of six treatments (clones PB 235; IAC 15; IAN 3193; PR 255; IPA 1 and RRIM 600), three repetitions with four seedlings for section, totalizing 72 plants.

The 40 x 40 x 40cm planting holes were initially filled with phosphate (300g). Fifteen days after planting, 150g of 20-5-20 NPK was top-dressed over each planting hole. Weed control was also regularly conducted.

### 2.3. Data collection and modeling

The adjustment of height-diameter models in this study focused only on the Brazil nut individuals. Tree mensuration was performed in 2012 (16 years after planting) on 77 individuals (19 died). All trees with dbh  $\geq$  5cm had the girth tape measured. Total tree height was measured with a telescopic measuring pole. A diameter distribution was built to verify the frequency of individuals in the different diameter size class.

Four standard models (TROYEY, 1932; CURTIS, 1967; PRODAN, 1968) were evaluated for the estimation of height using an ordinary least squares-regression analysis:

$$\frac{dbh^2}{h - 1,3} = \beta_0 + \beta_1 \cdot dbh + \beta_2 \cdot dbh^2 + \varepsilon_i \quad [1. Prodan]$$

$$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{dbh} + \varepsilon_i \quad [2. Curtis]$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 \cdot dbh + \beta_2 \cdot dbh^2 + \varepsilon_i \quad [3. Parabolic]$$

$$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(dbh) + \varepsilon_i \quad [4. Stoffels]$$

where dbh = diameter at breast height in cm and h = total height of the tree in m.

As models 2 and 4 were linearized, a correction factor (*CF*) was applied in their estimated height values due to the differences between distributions of

log-transformed and metric values (SPRUGEL, 1983) (Eq. 5). Using the corrected value of the predicted height in meters, the *SEE* was recalculated.

$$CF = \exp\left(\frac{SEE^2}{2}\right)$$

[5]

where *SEE* = standard error of estimate.

The selection of the best equation was based on the adjusted coefficient of determination ( $\bar{R}^2$ ), the percent standard error of estimate (*SEE*<sub>%</sub>) and the analysis of residual distributions (DRAPER; SMITH, 1998). Data analyses were accomplished using STATISTICA software package version 8.0 (STATISTICAL ANALYSIS WITH SAS/STATE SOFTWARE, 2008).

### 3. Results and Discussion

Total tree height ranged from 4.6 to 15.5m, with an average of 12.3m (C.V. = 24.1%). The dbh also had a high variation (5.9cm to 29.2cm), with an average of 17.7cm (C.V. = 34.0%). The diameter distribution of the Brazil nut trees tends to an unimodal distribution and is skewed to the right (Figure 1). This tendency is typical of even-aged stands (HUSCH; BEERS; KERSHAW JÚNIOR, 2003). The low abundance of Brazil nut trees in the diameter center class 16.3cm may be the result of the accidental removal of trees. As mentioned before, in 16 years of experiment, 19 individuals died. Half of deaths occurred during the seedlings establishment phase, and the rest some years after due to an improper operation of a tractor.

Mean annual diameter and height increment is 1.10cm and 0.77m, respectively. These values are smaller than the ones found by Tonini, Arco-Verde e Sá (2005) for Brazil nut trees in homogeneous stands in Roraima

( $MAI_{dbh} = 1.9\text{cm}$ ;  $MAI_h = 1.6\text{m}$ ). Nonetheless, the mean annual diameter increment found in this study is higher than the values reported for natural forests in the Amazon region. Several studies point to values ranging from 0.14 to 0.40cm per year (SILVA et al., 1996; SILVA et al., 2002; VIEIRA et al., 2005).

The goodness-of-fit criteria of the four models tested are given in Table 1. The variance in the data explained by the fit, quantified by  $\bar{R}^2$ , ranged from 0.824 to 0.950. The  $SEE\%$  varied between 9.746 and 11.455. Among the models tested, model 1 had the best-fitting according to  $\bar{R}^2$  and  $SEE\%$ . Model 3 had a similar  $SEE\%$  as model 1, but a smaller  $\bar{R}^2$ . The linearized models (2 and 4) presented a poorer fit in comparison with the others.

Beside  $\bar{R}^2$  and  $SEE\%$ , an analysis of the residual distribution was also performed (Figure 2). Excepting model 4, the remaining models had a similar residual distribution with a tendency to sub estimate height of trees with smaller diameters. In the observed vs. predicted values scatter plots, models 1, 2 and 3 followed a similar pattern. Data points are relatively well distributed along the tendency line. In general, the equations tend to super estimate height values.

According to the criteria used to select the best equation, model 1 was chosen as the best one for estimating height of Brazil nut trees. The adjusted height-diameter equations had comparable  $\bar{R}^2$  and  $SEE/SEE\%$  to other published studies with Brazil nut trees and further species. Tonini, Arco-Verde e Sá (2005) tested fifteen height-diameter models to estimate height in homogeneous stands of four different species in Cantá (RR), including Brazil nut trees. For the latter, the authors also pointed out model 1 as the best model to estimate height. They obtained a  $\bar{R}^2$  equal to this study (0.95), albeit  $SEE\%$  was smaller (4.53%).

Tonini, Costa e Kaminski (2008) adjusted six height-diameter equations for two native populations of Brazil nut trees in Roraima. The authors found a



$\bar{R}^2$  ranging from 0.54 to 0.70;  $SEE\%$  varied from 5.9 to 13.6% (for the logarithmic models, the authors calculated a Furnival index). The goodness of fit criteria of our study is in general higher than the previous one.

Considering other species, Soares et al. (2011) tested two height-diameter models in eleven native forest species planted in Viçosa (MG). The species were *Aspidosperma polyneurom* M. Arg., *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Hymenaea courbaril* L., *Lecythis pisonis* Camb., *Aspidosperma parvifolium* A.CD., *Pterigota brasiliensis* Fr. All., *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich., *Paratecoma peroba* Kuhlm, *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur., *Pterogyne nitens* Tull. and *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. The adjusted equations presented an average  $\bar{R}^2$  of 0.746 and a  $SEE$  that ranged from 1.19 to 4.11.

Santos et al. (2012) adjusted four height-diameter equations for *Ocotea porosa* in Rio Negro (PR). For the best-fit equation, the authors related a  $\bar{R}^2$  and a  $SEE\%$  of 0.85 and 11.86%, respectively. The  $\bar{R}^2$  and  $SEE\%$  obtained in this research are within the range of values reported in other studies.

#### 4. Conclusions

1. Model 1 is the best model to estimate height for Brazil nut in the conditions of the study site.
2. The adjusted height-diameter equation provided by this study can give support to future forest mensuration and management research with this species, especially in the South-Central region of Brazil.
3. The introduction of the Brazil nut outside its native habitat is a way to alleviate the extractivism pressure on its population in the Amazon region.

4. More studies should be conducted in order to determine silvicultural needs, best management practices and economical feasibility of Brazil nut plantations in different regions of Brazil.

### **Acknowledgements**

To Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais for financial support.

### **References**

BARROS, D. A. et al. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 3-28, jul./dez. 2002.

CURTIS, R. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. **Forest Science**, Lawrence, v. 13, p. 365-375, 1967.

DONADONI, A. X. et al. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 2499-2504, out./dez. 2010.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GUARIGUATA, M. R. et al. Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Northern Bolivia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 5, p. 788-793, 2009.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JÚNIOR, J. A. **Forest mensuration**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **IUCN red list of threatened species**. Costa Rica: Americas Regional, 1996. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 250, n. 3, p. 244-255, 2007.

MORI, S. A.; SWARTHOUT, D. Brazil nut family (Lecythidaceae) in the New World. In: CLEVELAND, C. J.; SWARTHOUT, D. **Encyclopedia of Earth**. Washington: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, 2007. Disponível em: <[http://www.eoearth.org/article/Brazil\\_nut\\_family\\_\(Lecythidaceae\)\\_in\\_the\\_New\\_World](http://www.eoearth.org/article/Brazil_nut_family_(Lecythidaceae)_in_the_New_World)>. Acesso em: 12 fev. 2012.

ORTIZ, E. G. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). In: SHANLEY, P. et al. **Tapping the green market: certification & management of non-timber forest products**. Londres: Earthscan Publications, 2002. p. 61-74.

PAIVA, P. M.; GUEDES, M. C.; FUNI, C. Brazil nut conservation through shifting cultivation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 3, p. 508-514, 2011.

PRODAN, M. **Forest biometrics**. Oxford: Pergamon, 1968.

RIBEIRO, A. et al. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 22-31, já./mar. 2010.

SANTOS, A. T. et al. Equação de volume e relação hipsométrica em plantio de *Ocotea porosa*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 13-21, jan./mar. 2012.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. Population structure of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, Ithaca, v. 39, n. 4, p. 455-464, 2011.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. The regeneration of Brazil nut trees in relation to nut harvest intensity in the Trombetas River valley of Northern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 265, p. 71-81, Feb. 2012.

SILVA, J. N. M. et al. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 75, n. 4, p. 325-329, 1996.

SILVA, R. P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, p. 295-301, Aug. 2002.

SOARES, C. P. B. et al. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1039-1051, set./out. 2011.

SORIANO, M. et al. Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 268, p. 92-102, mar. 2012.

SPRUGEL, D.G. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. **Ecology**, Durham, v. 64, n. 1, p. 209-210, Feb. 1983.

STATISTICAL ANALYSIS WITH SAS/STATE SOFTWARE. **Data analysis software system**: version 8.0. Canadá: SAS, 2008.

TEWARI, V. P.; GADOW, K. V. Modelling the relationship between tree diameters and height using  $S_{BB}$  distribution. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 171-176, June 1999.

TOMÉ, M.; RIBEIRO, F.; FAIAS, S. Relação hipsométrica geral para *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 41-55, June 2007.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo

(*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353–362, 2005.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 445-457, jul./set. 2008.

TROREY, L.G. A mathematical method for the construction of diameter height curves based on site. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 8, n. 2, p. 121-132, 1932.

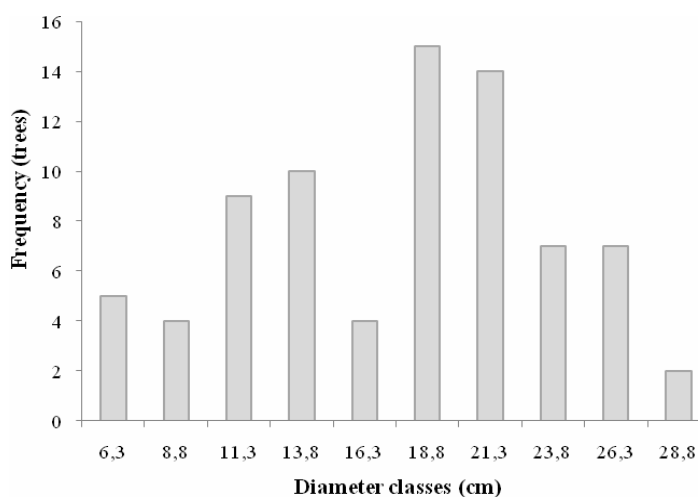
VIEIRA, S. et al. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 102, n. 51, p. 18502-18507, July 2005.

WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 211, p. 371-384, 2005.

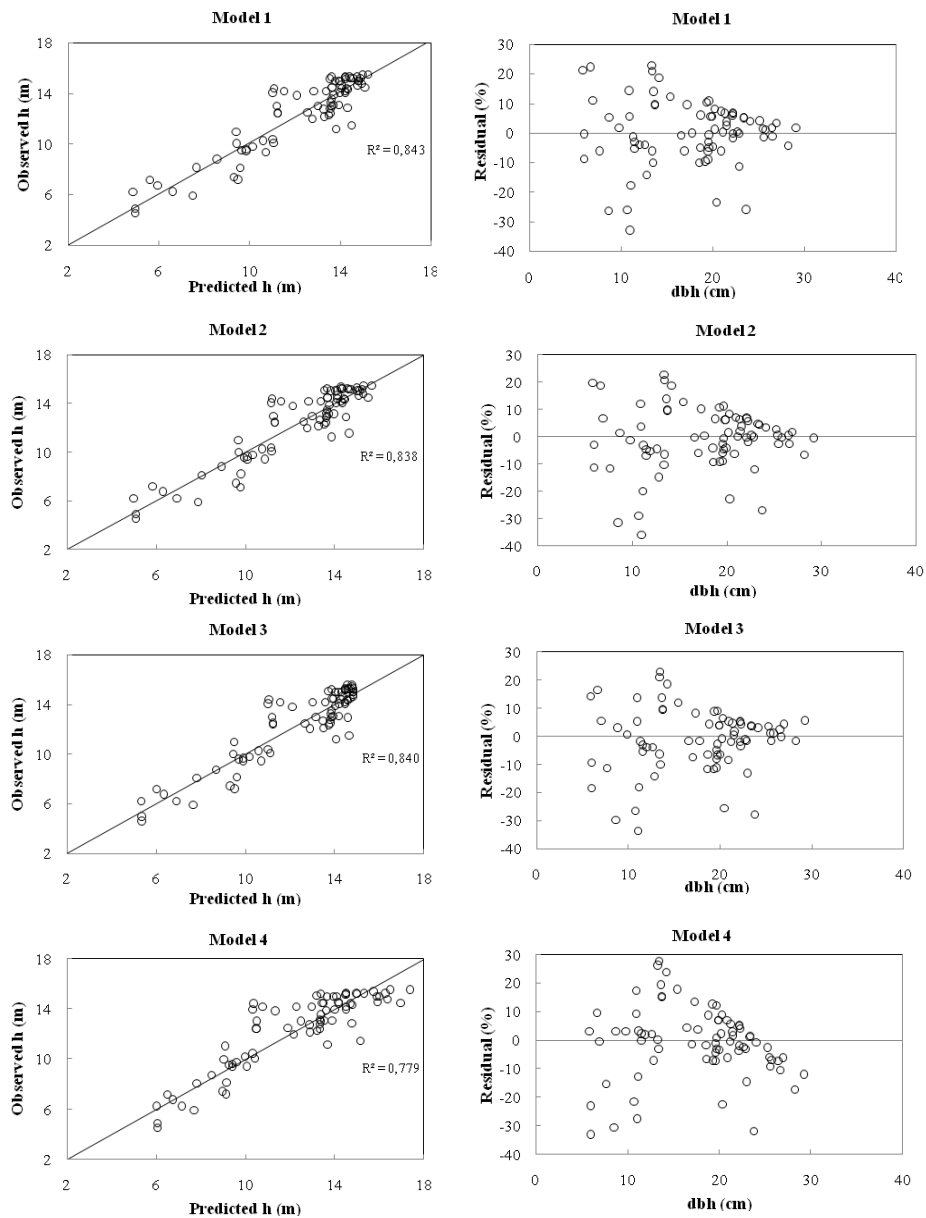
ZUIDEMA, P.A.; BOOT, R. G. A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 1, p.1-31, 2002.

**Table 1.** Adjusted coefficient of determination ( $\bar{R}^2$ ), standard error of estimate ( $SEE$ ), percent standard error of estimate ( $SEE\%$ ) and correction factor ( $CF$ ) for the four regression models tested.

Model	Coefficients			$\bar{R}^2$	$SEE$	$SEE\%$	$CF$
	$b_0$	$b_1$	$b_2$				
1	8.0892	-0.1235	0.0665	0.950	1.205	9.768	□
2	3.0357	-8.4220	□	0.858	1.211	9.818	2.082
3	-1.0099	1.2121	-0.0232	0.836	1.202	9.746	□
4	0.0993	0.0351	□	0.824	1.413	11.455	2.713



**Figure 1.** Diameter distribution of Brazil nut trees (2.5 cm dbh classes).

**(A) Observed vs. predicted values****(B) Residual plots**

**Figure 2.** Observed vs. predicted values (A) and residual plots for the four models tested (B)