



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**LUIZ AUGUSTO DA SILVA MONTEIRO**

**EQUAÇÕES DE VOLUME GERAL E PARA DEZ ESPÉCIES  
DOMINANTES EM UMA FLORESTA PRIMÁRIA NO SUDESTE  
DO PARÁ.**

**Belém**  
**2009**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**LUIZ AUGUSTO DA SILVA MONTEIRO**

**EQUAÇÕES DE VOLUME GERAL E PARA DEZ ESPÉCIES  
DOMINANTES EM UMA FLORESTA PRIMÁRIA NO SUDESTE  
DO PARÁ.**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal, para obtenção parcial do título de “Mestre em Ciências Florestais”.

Prof. PhD. José Natalino Macedo Silva  
Orientador

**Belém**  
**2009**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

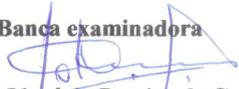
**LUIZ AUGUSTO DA SILVA MONTEIRO**

**EQUAÇÕES DE VOLUME PARA DEZ ESPÉCIES DOMINANTES  
EM UMA FLORESTA PRIMÁRIA NO SUDESTE DO PARÁ.**

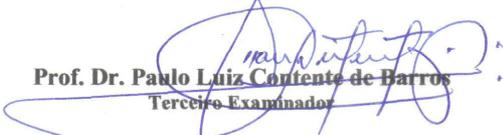
Dissertação submetida ao Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal, para obtenção do título de "Mestre em Ciências Florestais".

Aprovada em: 02 de outubro de 2009

**Banca examinadora**

  
**PhD. João Olegário Pereira de Carvalho**  
Primeiro Examinador

  
**Prof. Dr. Paulo de Tarso Eremita da Silva**  
Segundo Examinador

  
**Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros**  
Terceiro Examinador

  
**Prof. PhD. José Natalino Macedo Silva**  
Orientador

## **Agradeço**

A DEUS, aquele que me guiou,  
me deu forças para superar todas  
as dificuldades e iluminou para  
que eu seguisse sempre o caminho certo.

## **Meu reconhecimento**

Aos meus avós Julito Botelho Monteiro (in memorian)  
e Raimunda Santana Lobo (in memorian) Nelson  
Saldanha da Silva (in memorian), Francisca Freitas da  
Silva, pelos ensinamentos e exemplos de vida, que me  
ajudou a enfrentar as adversidades com muita  
segurança, paciência e sabedoria.

## **Dedico**

Aos meus pais Luiz dos Santos Monteiro  
e Cleosonilda da Silva Monteiro, pelo amor  
incondicional durante toda a minha vida,  
pelo apoio que me deu mais segurança na  
minha caminhada e principalmente por terem  
sido os principais responsáveis pela minha  
formação pessoal e profissional.

## **Minha gratidão**

À meu estimável irmão Nelson Rodrigo  
da Silva Monteiro, pela compreensão,  
afeto, incentivo e carinho.

## **Ofereço**

À minha esposa Vaneza Araújo Vale Monteiro,  
pelo companheirismo, paciência,  
compreensão, incentivo, carinho e  
empenho dedicados ao longo dessa dissertação.

## AGRADECIMENTOS

A Deus que com a luz do Espírito Santo esteve sempre presente em minha vida, iluminando sempre os meus passos e me dando a sabedoria e discernimento;

A minha família pelo incentivo e ensinamentos dedicados ao longo deste trabalho;

À minha esposa Vaneza Araujo Vale Monteiro que sempre esteve ao meu lado me incentivando e me dando forças através de seu carinho, compreensão e amor.

À Embrapa Amazônia Oriental que, através do Projeto Bom Manejo (Embrapa / CIFOR / ITTO), disponibilizou toda infra-estrutura necessária para a coleta de dados para essa pesquisa;

A CIKEL Brasil Verde Madeiras Ltda. por disponibilizar a área de estudo e suas instalações na Fazenda Rio Capim-PA e dar todo o apoio logístico para quando da coleta de dados;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante 1 Ano;

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA pelo apoio institucional e;

Ao Coordenador do curso de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Prof. Francisco de Assis e sua Secretária Milena Rodrigues pelo apoio, compreensão e atenção a mim dedicados;

Ao Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva pelos ensinamentos, orientação, compreensão e paciência, que foram fundamentais para que esse trabalho fosse realizado.

Ao Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros pela orientação, amizade, críticas e sugestões principalmente na fase final da minha dissertação.

À Prof<sup>a</sup>. Rosangela Souza, que me incentivou e contribuiu bastante na hora da minha decisão ainda na graduação e posteriormente no meu estágio de docência.

Aos meus amigos que me deram força nesta caminhada tão difícil principalmente a Carlos Victor Pereira Leitão e Bernardo Antonio Maués que tiveram participação especial nessa dissertação através de sugestões e críticas;

Aos professores e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias, em especial aos do curso de mestrado e a todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

**RESUMO:** A grande diversidade de espécies encontrada na região Amazônica requer que, para sua volumetria, sejam desenvolvidas equações específicas, pelo menos para as espécies comerciais dominantes na floresta e também para a comunidade em geral, considerando ainda as diferentes tipologias florestais encontradas na região. Assim, foi realizado um estudo no município de Paragominas-PA, na floresta da Fazenda Rio Capim (Latitude 4°09'00"S; Longitude 46°25'00"W), com o objetivo de determinar os modelos matemáticos que melhor estimem os volumes de árvores daquela floresta. Foram coletados dados das dez espécies dominantes da floresta, com diâmetros compreendidos no intervalo de 50-120 cm. As espécies estudadas foram: Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), Faveira (*Parkia multijuga* Benth.), Angelim (*Dinizia excelsa* Ducke), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Guajará (*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler) Pierre), Muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), Tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), Piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) ), Pau amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber), e Timborana (*Piptadenia suaveolens* Miq.). Além dessas espécies, foram também coletados dados de 60 espécies comerciais, totalizando 2500 árvores amostra para determinar uma equação geral para a floresta. Foram testados oito modelos, sendo cinco de simples entrada e três de dupla entrada. A seleção do melhor modelo foi feita através dos seguintes critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ( $r^2$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{xy}$ ), coeficiente de variação (CV%) e desvio médio porcentual (DMP). Para as espécies dominantes constatou-se que entre as equações de simples entrada os modelos de Husch ( $\log V = b_0 + b_1 \log d$ ) e Brenac ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$ ) se ajustaram melhor; para os de dupla entrada o modelo de Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ ) foi o mais adequado para nove espécies, exceto para o Jatobá, que teve o modelo de Spurr ( $\log V = \log a + b \log d^2 h$ ) apresentando o melhor ajuste. Em se tratando da equação de volume geral para 60 espécies comerciais da floresta foi selecionada a equação  $\log V = -3,606790 + 1,826114 * \log DAP + 0,733257 * \log H$ , de Shumacher-Hall, Entre os modelos de simples entrada, as equações  $\log V = -2,917030 + 1,969013 * \log d$ , de B. Hush e a equação  $\log V = -2,698210 + 1,875464 * \log d - 3,17398 * (1/d)$  de Brenac, foram as que melhor se ajustaram. A utilização de uma ou de outra fica a critério do usuário. Tanto para as equações individuais para as dez espécies dominantes como para a equação geral da floresta, os modelos logarítmicos apresentaram melhor ajuste. O fator de forma para todas as espécies comerciais da área foi igual a 0,68 Para as espécies comerciais dominantes na floresta estudada se obteve um fator de forma médio igual a 0,69, ambos muito próximos ao fator de forma médio para a Amazônia de 0,7.

**Palavras chaves:** Floresta primária – volume, Floresta primária – mensuração, Manejo Florestal, Inventário Florestal

## ABSTRACT

The huge species diversity found in Amazon region requires that for determining the individual volumes of trees, specific volumes equations to be developed at least for the dominant species of the forest, as well as one general equation for the community as a whole, taking into account different forest types. Thus a study was carried out at Rio Capim Forest (Latitude 4°09'00"S; Longitude 46°25'00"W) aiming at determining mathematical models to estimate individual tree volumes of the studied forest. Data from 10 dominant species of the forest were collected with diameters within the range of 50-120 cm. The following species were studied: Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), Faveira (*Parkia multijuga* Benth.), Angelim (*Dinizia excelsa* Ducke), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Guajará (*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler) Pierre), Muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), Tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), Piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) ), Pau amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber), e Timborana (*Piptadenia suaveolens* Miq.). Furthermore, data from 60 commercial species comprising 2500 sample trees were also collected for determining one general equation for the forest. Eight mathematical models were tested, being 5 one-entry and 3 two-entry models. Selection of the best models was based on the following statistical criteria: adjusted  $r^2$ , regression standard error ( $S_{y,x}$ ), coefficient of variation (CV%) and Mean Percent Deviation (MPD). For the dominant species it was found that among the one-entry equations the models due to Husch ( $\log V = b_0 + b_1 \log d$ ) and Brenac ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$ ) presented the best fit; regarding the two-entry models, the one due to Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ ) was the more adequate for 9 species, except for Jatobá whose best fit was accomplished using the Spurr model ( $\log V = \log a + b \log^2 h$ ). Concerning the general equation for the commercial species the equation  $\log V = -3.606790 + 1.826114 * \log \text{DAP} + 0.733257 * \log H$  was selected; among the single-entry models, the equations  $\log V = -2.917030 + 1.969013 * \log d$ , and  $\log V = -2.698210 + 1.875464 * \log d - 3.17398 * (1/d)$  presented the best fit. The application of one or the other depends on the user choice. Both for the dominant species and for the forest as a whole, the logarithmic models presented the best fit. The average Form Factor calculated for all commercial species was 0.68, while for the dominant species the average form factor was 0.69. Both were very similar to the average form factor determined for the Amazon region (0.7).

**Key words:** Primary forest - volume, primary forest - measurement, Forest Management, Forest Inventory

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da área de estudo	20
Figura 2	Árvore selecionada para mensuração após a derrubada em uma floresta primária no Sudeste do Pará, Fazenda Rio Capim	23
Figura 3	Árvore selecionada para ser mensurada a sua circunferência em uma floresta primária no Sudeste do Pará	24
Figura 4	Desenho esquemático da mensuração de uma árvore para o cálculo do volume real através do processo de Smalian	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Modelos de regressão utilizados para ajustar as equações de volume no presente estudo	26
Tabela 2 –	Estatística descritiva das variáveis utilizadas nos modelos de regressão para dez espécies em uma floresta primária no Sudeste do Pará, Fazenda Rio Capim	27
Tabela 3 –	Resultados dos modelos testados para determinação de equações gerais de simples e dupla entrada para a fazenda Rio Capim, Sudeste do Pará	28
Tabela 4 –	Melhores modelos de simples entrada de equações de volume testados para dez espécies de uma floresta primária no Sudeste do Pará	32
Tabela 5 –	Melhores modelos de dupla entrada de equações de volume testados para dez espécies de uma floresta primária no Sudeste do Pará	32
Tabela 6 -	Validação das equações através do teste do Qui-Quadrado	33
Tabela 7 –	Valores dos fatores de forma médio para as dez espécies estudadas	34

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Geral	12
1.1.2 Específicos	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS NA QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA	13
2.2 FORMA DAS ÁRVORES	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
3.1.1 Vegetação	20
3.1.2 Clima	21
3.1.3 Topografia e relevo	21
3.1.4 Solo	21
3.2 COLETA DE DADOS EM CAMPO	22
3.3 TESTE E MODELOS MATEMÁTICOS DE REGRESSÃO	24
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	27
4.2 EQUAÇÃO DE VOLUME GERAL PARA ESPÉCIES COMERCIAIS DA FLORESTA	28
4.3 EQUAÇÕES DE VOLUME INDIVIDUAIS PARA DEZ ESPÉCIES DOMINANTES DA FLORESTA	29
4.4 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES PELO TESTE DO QUI-QUADRADO.	33
4.5 FATOR DE FORMA PARA AS DEZ ESPECIES DOMINATES DA FLORESTA	34
<b>5 DISCUSSÃO</b>	<b>35</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIA</b>	<b>39</b>
<b>APÊNDICE</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é detentora da última grande reserva de madeira tropical do mundo, caracterizada pela alta diversidade de espécies. As pesquisas sobre manejo florestal servem de suporte técnico para o desenvolvimento econômico-ecológico do setor de base florestal na região, para maior conservação na exploração das florestas naturais, minimizando os impactos sobre o ecossistema, por meio de planejamento das atividades da exploração e de tratamentos silviculturais para melhor rendimento da floresta remanescente, além da aplicação de técnicas adequadas de manejo para garantir o suprimento contínuo de madeira (SCHMIDT; CHICHORRO, 1990).

Contudo, para o manejo florestal resultar os benefícios econômicos, sociais e ambientais esperados, há a necessidade de informações importantes, entre elas a quantificação eficiente e precisa dos estoques dos recursos florestais (HUMMEL, 2001).

A variável quantitativa mais usada em levantamentos florestais é o volume, embora se utilize, também, com bastante frequência o peso e a área basal. O volume das árvores podem ser estimados através de relações previamente estabelecidas entre dimensões facilmente mensuráveis, como por exemplo, o diâmetro medido a 1,30 m do nível do solo (DAP) e a altura da árvore (SILVA, *et al.*, 1984).

No caso de recursos madeireiros a quantificação do volume das árvores de qualquer floresta é, sem dúvida, uma atividade chave para planejar a sua colheita e o seu aproveitamento. A determinação do volume individual das árvores, com boa precisão é fundamental para determinar o estoque total da floresta bem como a sua produção (BAIMA; SILVA, S.; SILVA, J., 2001).

Na Amazônia, Heinsdijk e Bastos (1963) determinaram para espécies madeireiras, um fator de forma igual a 0,7, o qual até hoje é muito usado nos planos de manejo florestal. No entanto, o fator de forma de uma árvore varia de espécie para espécie e entre indivíduos da mesma espécie em função de muitos outros fatores como a idade e a posição fitossociológica da árvore dentro da floresta. Assim, é através de uma equação de volume ajustada especificamente para estimar o volume das árvores de uma

determinada área manejada que se pode estimar com maior precisão essa variável, haja vista que na Amazônia existe uma grande diversidade de espécies e de tipos florestais.

Em se tratando de floresta natural, vários fatores dificultam os levantamentos em campo, tanto de ordem econômica como operacional. Dentre eles, pode-se destacar a medição da altura comercial das árvores, que na maioria das vezes a estimativa é feita com um grau de incerteza muito grande, em virtude das dificuldades de visualização do ponto de medição na parte superior do tronco. Neste sentido, é recomendado desenvolver, sempre que possível equação de volume de simples entrada, isto é, quando se utiliza apenas o DAP como variável independente para estimar o volume de árvores em pé. Quando é possível medir a altura comercial com bastante precisão (por exemplo, com dendrômetros a “laser”), deve-se utilizar as equações de dupla entrada (com DAP e altura comercial como variáveis independentes) para estimar o volume das árvores, pois essas equações apresentam maior precisão estatística do que as de simples entrada.

Para a região amazônica, que possui expressivo número de espécies e, ainda, associações florestais diferentes ocorrentes em áreas muito próximas, é aconselhável desenvolver, além de uma equação geral para todas as espécies de um determinado local, também equações de volume específicas para as espécies ou grupo de espécies com maior ocorrência na área.

Em geral, na Amazônia, tem-se usado equações de volume de forma inadequadas para estimar os volumes das árvores individuais inventariadas, possibilitando que ocorra erros de super ou subestimativa dos volumes inventariados. Isso interfere diretamente no planejamento da colheita e na liberação de créditos de matéria prima pelos órgãos ambientais, que não correspondem aos reais estoques de madeira existente na floresta.

Por esse motivo, o Ministério do Meio Ambiente - MMA determinou através da Resolução do CONAMA 406, de 2 de fevereiro de 2009, em seu art. 10 que a partir do segundo Plano Operacional Anual - POA, só será aceito pelo órgão ambiental competente o cálculo do volume de árvores em pé, mediante equação de volume desenvolvida especificamente para a área de manejo florestal – AMF em análise.

Dada a alta diversidade de espécies encontrada na região Amazônica, os inventários florestais requerem que sejam desenvolvidas equações de volume para a comunidade em geral, bem como equações específicas, pelo menos para aquelas espécies mais dominantes, considerando as diferentes tipologias florestais encontradas na região.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Geral

Selecionar modelos matemáticos que melhor se ajustem aos volumes dos troncos de uma floresta de terra firme na Fazenda Rio Capim situada na região sudeste do Estado do Pará.

### 1.1.2 Específicos

- a) Ajustar modelos matemáticos de simples e dupla entrada e selecionar a melhor equação de volume geral para as espécies de uma floresta de terra firme na região sudeste do Estado do Pará.
- b) Ajustar modelos matemáticos de simples e dupla entrada e selecionar a melhor equação de volume para as dez espécies mais dominantes na área da floresta objeto do estudo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS NA QUANTIFICAÇÃO DOS RECURSOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

O Brasil é um dos maiores produtores e o maior consumidor mundial de produtos de origem florestal. Setores estratégicos da economia brasileira, como a siderurgia, a indústria de papéis e embalagens, e a construção civil, são altamente dependentes do setor florestal. Entretanto, o país apresenta deficiências em relação à centralização e disponibilização de informações do Setor Florestal - carência de informações sistematizadas que poderiam subsidiar a tomada de decisões, tanto em relação a políticas públicas como em projetos da sociedade civil e iniciativa privada (Serviço Florestal Brasileiro). Uma das alternativas para se obter essas informações é através da quantificação dos recursos florestais.

Para Moraes Filho *et al.*, (2003) a quantificação dos recursos florestais é possível por meio de análises estatísticas. No setor florestal são utilizados quatro grandes grupos: a estatística descritiva que é utilizada para demonstrar as situações do setor através de gráficos e tabelas, orientando os gestores nos processos administrativos; a estatística experimental que é muito utilizada para confirmar e validar os resultados dos experimentos realizados, desde a produção de mudas, diversas técnicas de manejo e diferentes métodos de colheita; a modelagem visando construir principalmente equações de volume, utilizadas para quantificar variáveis de difícil predição; e por fim os processos amostrais para os inventários florestais, com o objetivo de determinar o potencial de diferentes seguimentos do setor florestal, baseado nos princípios e métodos de representação da população.

O inventário florestal é o passo inicial para o planejamento da propriedade florestal. Para fins de manejo, três tipos de inventário devem ser considerados: o inventário de reconhecimento, para uma avaliação global da floresta; o inventário pré-exploratório, para o conhecimento detalhado dos blocos de exploração anual; e o inventário florestal contínuo, para monitorar o desenvolvimento da floresta, principalmente em termos de crescimento, ingressos e mortalidade (SILVA; CARVALHO; LOPES, 1985)

Moraes Filho (2003) descreve o inventário florestal como toda atividade objetivando a quantificação e qualificação das florestas (árvores, fauna, insetos etc.), com vistas à produção de madeira e outros produtos e /ou a conservação ambiental, utilizando-se de técnicas estatísticas de amostragem.

Na segunda metade da década de 1950 a FAO organizou um estudo para desenvolver tabelas de volume para 63 espécies consideradas comerciais na época, e aquelas que poderiam vir a ser comerciais, com DAP variando entre 25 e 150 cm e altura entre 6 a 34 metros, e concluíram que para ter uma boa precisão na estimativa do volume era necessário, no mínimo, 50 árvores-amostra de cada espécie (SUDAM, 1974).

Segundo Silva, José L., (2007), as tabelas de volume elaboradas pelos técnicos da missão FAO para estimar o volume de árvores em pé, foram pioneiras no estudo da volumetria das espécies amazônicas. A partir daí vários trabalhos de pesquisa sobre o assunto foram desenvolvidos na Amazônia brasileira por muitos outros pesquisadores.

De acordo com Thomas *et al.*, (2006), a constante busca de alternativas que possibilitem otimizar a produção de florestas com precisão passa pelo aprimoramento de técnicas biométricas, inventários, e manejo florestal. Por conseguinte, o volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal. Além disso, o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas.

A volumetria trata, fundamentalmente, de uma avaliação de subconjuntos para se obter o volume de madeira em uma unidade de área. Para Péllico Neto (2004), desde os primórdios da ciência florestal, que já conta com mais de 500 anos, a volumetria de árvores constituiu um tema relevante, dado a madeira ter participação intensamente na vida do homem, por meio da habitação, dos móveis e da arte. Quantificar a madeira foi, portanto, importante para obtenção do seu estoque na floresta e, depois de cortada, para disponibilizá-la à manufatura.

O procedimento mais usado para estimar o volume individual de uma árvore em pé é o emprego de equações em que o volume é a variável dependente, associada às variáveis independentes de fácil mensuração na floresta, como o diâmetro à altura do peito e a altura (MACHADO; CONCEIÇÃO; FIGUEIREDO, 2002).

O volume de árvores em pé e a biomassa florestal em geral de uma área, podem ser estimados por meio de modelos matemáticos, ajustados por análise de regressão, isto é, por equações alométricas, que estão cada vez mais sendo empregadas como meio indireto de se estimar o volume de árvores em pé na região amazônica (SILVA, JOSÉ L., 2007).

Loetsch, Zöhner e Haller (1973) definem tabela de volume como sendo uma relação gráfica ou numérica obtida a partir de uma equação volumétrica, em função de variáveis correlacionadas com o volume, tais como o diâmetro, ou circunferência, altura e forma do tronco da árvore.

Segundo Carron e Cromer (1956), com as tabelas de volume de povoamento podem-se obter estimativas do volume por unidade de área de forma rápida e simples. Cole (1971), por sua vez, destacou, além da rapidez e da simplicidade do uso das tabelas de volume de povoamento, a precisão, afirmando que esse método pode ser tão preciso quanto o inventário florestal convencional. Spurr (1952) ressaltou, ainda, que as tabelas de volume podem ser usadas para obtenção de estimativas adequadas e confiáveis para o manejo florestal, em comparação com o método que estima o volume do povoamento através da soma do volume das árvores individualmente.

Segundo Teixeira *et al.*, (2007), hoje na Amazônia existem, aproximadamente, um milhão de hectares de florestas nativas sendo exploradas sob alguma forma de manejo florestal para a produção de madeira, o que mostra a importância de se quantificar de forma mais precisa possível os recursos florestais e utilizando equações de volume locais diminuí-se os erros que são cometidos ao utilizarem equações regionais generalizadas.

Diversos estudos sobre desenvolvimento de equação de volume têm sido conduzidos na Amazônia brasileira. Queiroz (1984) desenvolveu uma equação de

volume para a FLONA Tapajós que passou a ser utilizada em várias regiões do Estado do Pará. Outros trabalhos importantes devem-se a Silva e Carvalho (1984) que elaboraram equações para florestas secundárias e Silva e Araújo (1984) para árvores de pequeno diâmetro, entre 15 e 45 cm.

Novas equações continuam a ser desenvolvidas para outras regiões do Pará, como por exemplo, nos municípios de Moju (BAIMA; SILVA, S.; SILVA, J., 2001), Tailândia (MENEZES; SILVA, 2003), Portel (SILVA, JOSÉ L., 2007), Aurora do Pará para floresta plantada de paricá (SILVA JUNIOR, 2009).

Silva e Carvalho (1984), ao testarem quatro modelos de regressão para ajuste de equações de volume para as árvores de uma floresta secundária, em Belterra - PA mencionaram que a precisão obtida com os modelos de uma entrada foram inferiores aos verificados com os modelos de dupla entrada. A inclusão da variável altura comercial nos modelos, em geral, aumenta consideravelmente a precisão das estimativas, porém pode se tornar economicamente não atrativa, pelo aumento dos custos do levantamento dos dados de campo durante o inventário florestal, já que a medição dessa variável comercial aumenta consideravelmente o tempo de medição de uma unidade de amostra.

Os mesmos autores chamaram a atenção para a dificuldade em mensurar a altura das árvores em florestas nativas, quando se trata de florestas tropicais. Por esse motivo, alguns autores recomendam a utilização de equações de volume de uma entrada, utilizando a variável diâmetro que, pode ser medida com facilidade e precisão. Os modelos de equações logarítmicas produzem melhores resultados quando comparados com equações aritméticas. Porém, dependendo da natureza dos modelos testados, há a necessidade da utilização de índices mais apropriados para comparação dos modelos.

Guimarães e Leite (1996) comentam que para *Eucalyptus grandis* equações de volume de dupla entrada, baseadas em um número reduzido de árvores (inferior a 100 árvores-amostra), apresentam altas probabilidades de fornecer estimativas volumétricas tendenciosas. A utilização de um número excessivo de árvores é desaconselhada em função do aumento nos custos e no tempo para a realização de trabalhos desta natureza. Em seu estudo, as equações de volume ajustadas a partir de 150 árvores forneceram

estimativas volumétricas similares às obtidas pelo emprego da equação resultante da cubagem de 500 árvores.

Loetsch, Zöhrer e Haller (1973) consideram que, para a construção de uma tabela de volume local, se faz necessária a cubagem de 50 a 100 árvores; para áreas mais extensas, recomendam amostragem de centenas de árvores, visando a cobrir os diferentes sítios, idades, classes de diâmetro e formas de manejo a que a floresta tenha sido conduzida. Nesse caso, os custos envolvidos na obtenção dos dados de cubagem do volume para ajustar equações específicas por espécie, idade, ciclo ou região, são altos.

No caso de se testar dois ou mais modelos matemáticos, a escolha da equação que melhor se ajusta aos dados das variáveis estudadas, são normalmente baseadas em critérios estatísticos, tais como: o maior valor do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ); o menor valor do Erro Padrão Residual ( $S_{y,x}$ ); a não tendenciosidades na distribuição dos resíduos, isto é, uma distribuição mais uniforme quanto possível e maior precisão, consistência e facilidade na sua aplicação ( MACHADO; CONCEIÇÃO; FIGUEIREDO, 2002)

Segundo Balaam (1972), um padrão aceitável para a quantidade de variação dos dados que é explicado pelo modelo, expresso pelo indicador da regressão ( $R^2$ ), deve ser igual ou superior a 0,9, ou seja, o modelo deve explicar pelo menos 90% da variação da variável independente. Outro bom indicador da qualidade de ajuste de um modelo de regressão é o Desvio Médio Porcentual, (DMP%), pois expressa o quanto na média o modelo está sub ou superestimando a variável dependente (DRAPER; SMITH, 1966).

Silva *et al.*, (1984) apontam o uso do índice de Furnival quando se deseja realizar comparações entre erros padrões de estimativas de equações logarítmicas e aritméticas, em função da unidade da variável dependente (nesse caso o volume) serem diferentes.

## 2.2 FORMA DAS ÁRVORES

O fator de forma expressa a conicidade dos troncos das árvores, que é expresso por uma razão entre volumes, que normalmente é utilizado para corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore. O fator de forma é influenciado pela espécie, pelo sítio, espaçamento, desbaste e idade, entre outros fatores (SCOLFORO; MELO, 1998). Finger (1992) refere-se ao fator de forma, como sendo um fator de redução do volume do cilindro para o volume real da árvore; este deve ser multiplicado pelo volume do cilindro para, então, se obter o volume real da árvore.

Franco *et al.*, (1997) citam que o fator de forma é uma opção antiga e que deve ser utilizada em situações que não se tenha nenhuma informação, ou ainda necessite de rapidez do trabalho de inventário. Ele fornece estimativa confiável para o volume de árvores em pé desde que se controle idade, espaçamento e sítio.

Scolforo e Melo (1994), ao estudarem as relações quantitativas para estimar o volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana na região de Lavras, Minas Gerais, concluíram que é possível estimar o volume das espécies nativas com segurança, utilizando equações de volume ou fatores de forma. Esses autores preferem equações de volume em relação ao fator de forma, pois aquelas proporcionam erro das estimativas médias bem menores em relação às médias verdadeiras.

Até hoje nos levantamentos florestais realizados na Amazônia é utilizada a fórmula genérica do volume,  $V = (\pi \cdot DAP^2/4) \cdot H \cdot 0,7$ , a qual é o volume do cilindro acrescida do fator de forma igual a 0,7, se chega ao volume das árvores em pé, fator esse, que Heinsdijk e Bastos (1963) determinaram para as árvores das diferentes espécies da região amazônica.

Em estudo realizado em uma floresta no Estado do Mato Grosso, Colpini *et al.*, (2009), determinaram fator de forma médio calculado para árvores individuais com e sem casca igual 0,7424 e 0,7297 respectivamente, portanto esses valores se aproximam dos encontrados por Heinsdijk e Bastos (1963). Entretanto, Tonini, Arcoverde e Sá

(2005) ressaltam que a utilização de fator de forma médio para todas as espécies deve ser evitada como forma de diminuir os erros nas estimativas do volume comercial.

A missão FAO quando da realização do primeiro Inventário Florestal realizado na Amazônia testou se o fator de forma 0,7 usado nos estudos preliminares era correto, para tanto, procurou durante o levantamento na floresta medir a circunferência do fuste no topo e no centro de algumas árvores amostra, e foram escolhidas árvores de todos os tamanhos entre 25 cm e 150 cm de diâmetro. Os cálculos das médias dos fatores de forma foram realizados pelo Instituto Wageningen da Holanda para as diversas espécies e também para conjunto de todas as árvores, com o objetivo de corrigir os dados originais sem continuar as medições no meio do fuste. O resultado indicou que o fator de forma para as árvores amazônicas em geral é 0,712, ou seja, 1,68% mais que o fator de forma utilizado com muita frequência até os dias de hoje nos trabalhos realizados na Amazônia (SILVA, JOSÉ L., 2007).

De acordo com Prodan *et al.*, (1997), o fator de forma pode ser denominado de real ou verdadeiro, falso ou artificial, dependendo da altura que for medido o diâmetro do cilindro de referência. Dessa maneira, se o diâmetro do cilindro de referência for medido em altura relativa, o fator de forma denominar-se-á falso ou artificial.

Silva, José A. (1974) cita que o fator de forma artificial num povoamento depende de vários fatores, genéricos e mensuráveis. Para o autor, os fatores genéricos como a espécie, a idade do povoamento, a qualidade do sítio e a densidade do povoamento podem apresentar dificuldades para serem determinados e comprovados. Nas florestas tropicais isso se torna praticamente impossível. Já os fatores mensuráveis como diâmetro, altura e tamanho de copa são mais facilmente mensuráveis dentro do povoamento. Na prática, o fator de forma é expresso em função dos fatores mensuráveis. Por isso, quando se pretende estimar volume individual de árvores, a determinação do fator de forma artificial ou natural se constitui numa importante prática.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido em uma unidade de manejo florestal, cuja área florestal caracteriza-se como floresta ombrófila densa, localizada no município de Paragominas, Fazenda Rio Capim, pertencente à empresa Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., na mesorregião sudeste do estado do Pará, cuja área total é de 140.658,00 ha, situada nas coordenadas geográficas de Latitude 4°09'00"S e Longitude 46°25'00"W. (MARTINS FILHO, 2006), (Figura 1).

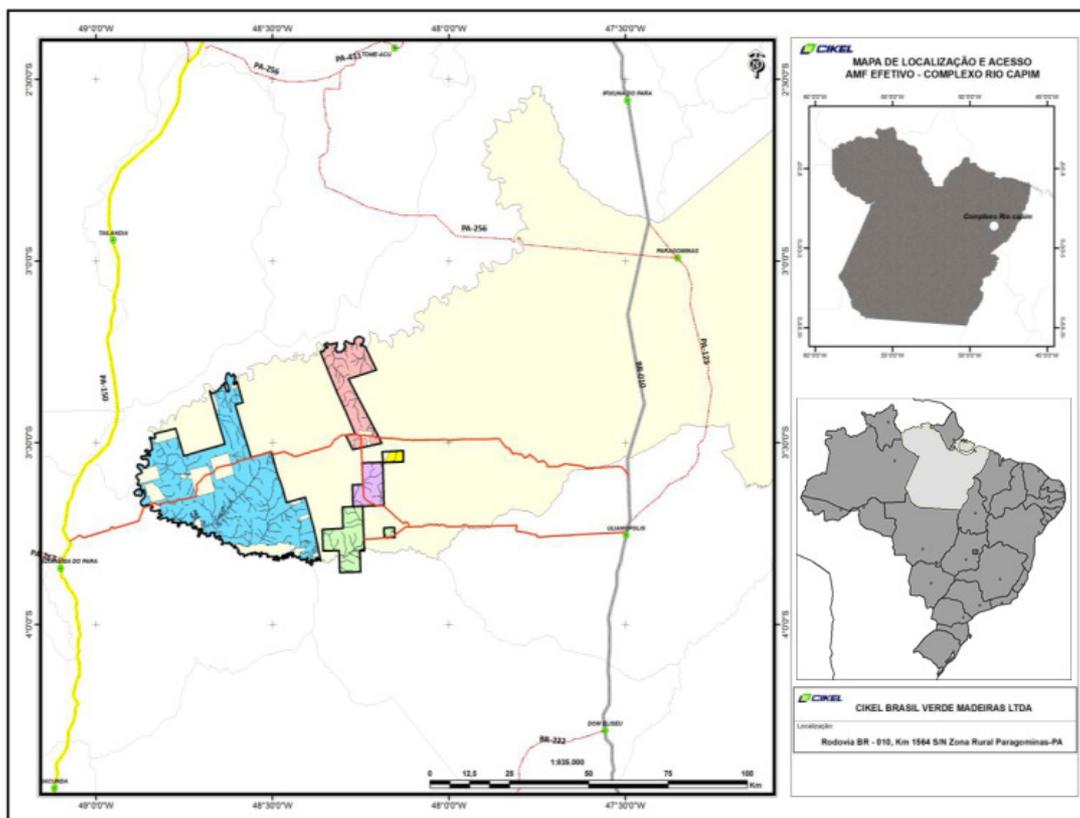


Figura 1 Localização da área de estudo  
Fonte: [www.cikel.com.br](http://www.cikel.com.br)

#### 3.1.1 Vegetação

No estudo realizado por Veloso, Rangel Filho e Lima (1991) a classificação e a caracterização da vegetação do município de Paragominas encontra-se dividida nos

seguintes ambientes fitoecológicos: floresta ombrófila densa, também conhecida como floresta equatorial úmida de terra firme; floresta ombrófila aberta mista de cipó e palmeira; e floresta ombrófila densa aluvial, conhecida, também, como floresta equatorial úmida de várzea.

O inventário florestal realizado na fazenda Rio Capim foi registrado um volume de espécies comerciais foi de 59m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a partir de 45 cm de diâmetro, sendo que entre as espécies comerciais observadas nessa região, destacam-se: Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), Piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.), Tauari (*Couratari* sp.), Acapú (*Vouacapoua americana* Aubl.), Tachipreto (*Tachigali myrmecophila* Ducke.), Jarana (*Holopyxidium jarana*), Melancieira (*Alexa grandiflora* Ducke) e Faveiras (*Parkia* spp.) (CIKEL BRASIL VERDE MADEIRAS LTDA, 2000).

### **3.1.2 Clima**

O clima dominante na Mesorregião é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica anual variando de 1800 a 2100mm. Durante o ano existem dois períodos bem definidos, um nitidamente marcado por fortes chuvas que inicia em janeiro e se prolonga até o final de maio e outro caracterizado por uma estação mais quente e menos chuvosa, indo de junho a dezembro. A umidade relativa é sempre alta, em média 81%. As temperaturas médias mensais apresentam pouca variação durante o ano, ficando na faixa de 25 a 26° C. (FRANCEZ, 2006)

### **3.1.3 Topografia e relevo**

A Fazenda Rio Capim apresenta uma topografia que varia de plana a suavemente ondulada, com altitude média de 20m acima do nível do mar.

### 3.1.4 Solo

Os principais solos na região do município de Paragominas são: Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos.

Os solos Latossos Amarelos de textura média a muito argilosa são denominados na redondeza e os Latossos e Argissolos encontrados em área de relevo plano e suave ondulado, sem presença de concreções lateríticas, possuem boas propriedades físicas como profundidade, drenagem, permeabilidade e friabilidade. (BRASIL (1973, 1974) apud FRANCEZ, 2006).

Para Silva (1997) os latossos amarelos são solos minerais, não hidromórficos, de baixa fertilidade natural, profundos a muito profundos, geralmente bem drenados; os podzólicos amarelos são solos minerais não hidromórficos, imperfeitamente drenados, muito profundos com baixa fertilidade natural .

### 3.2 COLETA DE DADOS DE CAMPO

Foram coletados dados das dez espécies dominantes da floresta, distribuídos em sete classes diamétricas (50-60 cm; 60-70 cm; até 110-120 cm), com pelo menos 30 indivíduos em cada classe, por espécies, quando possível.

As espécies que foram escolhidas por suas dominâncias na floresta são as seguintes: Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), Faveira (*Parkia multijuga* Benth.), Angelim (*Dinizia excelsa* Ducke), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Guajará (*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler) Pierre), Muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), Tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), Piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) ), Pau amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber), e Timborana (*Piptadenia suaveolens* Miq.). Além dessas espécies, foram também coletados dados de 60 espécies comerciais, totalizando 2500 indivíduos, para elaborar equação geral da área.

A coleta foi realizada durante a exploração, após a derruba das árvores e antes do traçamento (Figura 2).

As árvores foram medidas seguindo a metodologia de Smalian, e seu volume real, foi calculado pela fórmula  $V = \frac{A + a}{2} * L$  onde:

V= volume da seção do tronco;

A= área transversal da seção de maior diâmetro, em m<sup>2</sup>, (  $A = (C/100)^2/4.\pi$ , onde  $\pi = 3,14159$  e C= circunferência da maior seção em centímetros);

a = área transversal de menor diâmetro, em m<sup>2</sup>;

L= comprimento da seção.

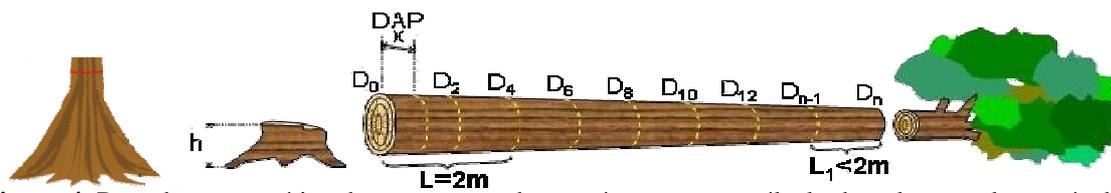


Figura 2. - Árvores selecionadas para mensuração após a derrubada em uma floresta primária no Sudeste do Pará, Fazenda Rio Capim.

As circunferências foram medidas com uma fita métrica (Figura 3). A circunferência da base ( $C_0$ ) foi tomada à altura do toco. No caso das árvores com sapopemas as circunferências foram medidas a 30 cm acima de sua interferência. Seguindo o procedimento da metodologia de Smalian, as circunferências foram medidas em seções de 2 metros de comprimento até a altura comercial, isto é, no ponto do tronco onde a árvore foi descopada conforme ilustrado na Figura 4.



**Figura 3** - Árvore selecionada, para ser mensurada a sua circunferência, em uma floresta primária no Sudeste do Pará.



**Figura 4.** Desenho esquemático da mensuração de uma árvore para o cálculo do volume real, através do processamento de Smalian.

$D_{n-1}$  = diâmetro da última seção inteira

$D_n$  = diâmetro da última

$D_0$  = diâmetro da base

$L_1$  = comprimento de cada seção (< 2m)

$h$  = altura do toco

$h + x = 1,30$  m = ponto de Medição do DAP

O volume das árvores foi calculado pelo Software Smalian e os coeficientes das equações testados serão obtidos através de análise de regressão utilizando-se o Software Excel.

### 3.3 TESTE DE MODELOS MATEMÁTICOS DE REGRESSÃO

Foram testados oito dos principais modelos de regressão existentes na literatura. A seleção do melhor modelo foi feita através dos seguintes critérios estatísticos:

coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa e análise dos resíduos, através do desvio médio percentual (DMP%).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica quanto da variação total da variável dependente (no caso o volume) é explicada pela(s) variável (is) envolvida(s) no modelo que está sendo testado. Esse valor varia de 0 a 1, e quanto mais próximo da unidade melhor terá sido o ajuste.

Outra medida de precisão importante utilizada foi o erro padrão da estimativa. Quanto menor for este valor, melhor ajustado é o modelo.

Para comparar equações que tenham unidades diferentes na variável dependente (por exemplo, equações logarítmicas e equações aritméticas), é necessário recalcular esse erro transformando os valores logarítmicos para aritméticos. Em geral utiliza-se o Índice de Furnival para efetuar o recálculo.

A validação das equações de regressão selecionadas, para estimar o volume das árvores na área de estudo, foi realizada através do Teste Qui – Quadrado ( $\chi^2$ ) que serve para comparar proporções, e seu princípio básico é comparar possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para um certo evento. Seu cálculo é realizado através da fórmula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{(O_i - E)^2}{E} \right)$$

Onde:

O – Frequência Observada (Volume real)

E- Frequência Estimada (Volume estimado pelo modelo de regressão)

Silva, José N. (1988) recomenda, entre outros passos, para estudos de equações de volume em áreas de manejo florestal na Amazônia que se determina equações separadas para as espécies mais dominantes e para as demais aplicar uma equação geral. Assim, foram testados cinco modelos de simples entrada e três de dupla entrada apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Modelos de Regressão utilizados para ajustar as equações de volume no presente estudo, onde V=volume real em m<sup>3</sup>; d=diâmetro a 1,30m acima do nível do solo (DAP), em cm e h=altura comercial do fuste, em metros; log= logaritmo decimal.

<b>Variável independente</b>	<b>Autor</b>	<b>Equações</b>
<i>DAP</i>	Kopezky-Gehhardt	$V = b_0 + b_1 d^2$
	Hohenaldl-Krenn	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
	Berkhout	$V = b_0 + b_1 d$
	B. Husch, (196)	$\log V = b_0 + b_1 \log d$
	Brenac	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$
<i>DAP / H</i>	S. H. Spurr, (1952)	$V = b_0 + b_1 d^2 h$
	Schumacher-Hall	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$
	S. H. Spurr, (1952)	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das estatísticas descritivas das variáveis medidas em campo DAP, Altura Comercial (H<sub>C</sub>) e o volume real calculado das árvores-amostra, que foram utilizadas para o ajuste dos modelos testados para cada uma das espécies. Assim, observa-se que as espécies faveira-atanã, maçaranduba e jatobá apresentaram maior número de indivíduos. As espécies angelim e faveira-atanã, com 150 cm, apresentaram os maiores DAPs, e a espécie jatobá a maior altura (40,6m). Em relação ao volume real a espécie jatobá, também se destacou apresentando o maior valor (36,1553 m<sup>3</sup>), enquanto que a espécie muiracatiara apresentou o menor volume (1,7054 m<sup>3</sup>). Pode-se observar que a variável DAP foi a que apresentou os maiores desvios, isso porque as árvores-amostra cobriram ampla variação diamétrica na área, onde o DAP mínimo foi de 50 cm e o máximo de 150 cm.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis utilizadas nos modelos de regressão para dez espécies em uma floresta primária no Sudeste do Pará, Fazenda Rio Capim.

ESPECIES	Nº DE IND.	DAP (cm)			HC (m)			VOL. REAL (m <sup>3</sup> )		
		MIN	M ± s	MAX	MIN	M ± s	MAX	MIN	M ± s	MAX
Angelim	184	53	90,2 ± 21,9	150	8,5	20,1 ± 4,6	33	2,28	8,7 ± 4,8	25,18
Faveira Atanã	210	50,6	86,6 ± 23,4	150	8	19,4 ± 3,6	27	2,40	9,1 ± 5,2	26,34
Guajará	162	50	77,8 ± 18,0	134,4	6	18,4 ± 3,8	30	2,17	5,9 ± 2,8	16,38
Jatobá	201	51,5	88,0 ± 22,7	181	9,2	27,3 ± 4,7	40,6	2,00	11,5 ± 6,6	36,16
Maçaranduba	210	51,4	85,5 ± 21,6	147,2	13	22,1 ± 3,6	33,5	2,88	8,4 ± 4,1	23,32
Muiracatiara	174	50	80,8 ± 19,7	135	12	26,7 ± 4,4	38	1,71	9,6 ± 5,3	27,45
Pau Amarelo	136	50	73,4 ± 14,8	121	8,8	16,8 ± 3,4	24,7	2,02	5,8 ± 2,9	20,03
Piquiá	145	52,3	89,7 ± 23,7	145,5	8,3	16,8 ± 3,1	24,7	2,17	8,5 ± 4,9	27,14
Tauari	137	50,3	89,2 ± 16,3	129	9	20,0 ± 3,7	29,4	2,57	8,6 ± 3,7	21,71
Timborana	146	50	78,1 ± 16,5	131,3	7,8	17,0 ± 3,6	25,3	1,72	5,3 ± 2,4	13,67
Eq. Geral	2500	44	77,9 ± 19,2	181	7	20,8 ± 4,7	40,6	1,28	7,0 ± 4,2	30,39

DAP= Diâmetro a 1,30m acima do nível do solo

HC= Altura Comercial

Vol. Real= Volume Real obtido pela metodologia de Smalian

MIM= Menor valor encontrado entre as observações das variáveis

MAX= Maior valor encontrado entre as observações das variáveis

M= Média

s= Desvio Padrão

Foram testados os modelos matemáticos relacionados na Tabela 1, para determinar qual a equação que melhor se ajusta para cada uma das dez espécies

estudadas e uma equação geral para a floresta. Os critérios considerados para escolher a melhor equação foram os seguintes: valor de F significativo; maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ); menor coeficiente de variação (CV%); menor erro padrão de estimativa ( $S_{xy}$ ) e menor desvio médio percentual (DMP%). O erro padrão de estimativa das equações não logarítmicas foi comparado com o valor do Índice de Furnival (1961) calculados para as equações logarítmicas.

## 4.2 EQUAÇÃO DE VOLUME GERAL PARA ESPÉCIES COMERCIAIS DA FLORESTA

Primeiramente, foram testados os modelos para determinar equações de volume geral. Para isso levou-se em consideração as espécies comerciais identificadas nos inventários da Área de Manejo Florestal da empresa Cikel Brasil Verde SA, perfazendo um total de 60 espécies e 2.500 indivíduos.

Tabela 3. Resultados dos modelos testados para determinação de equações gerais de simples e dupla entrada para a fazenda Rio Capim sudeste do Pará.

Equação	Coefficient es	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP %	IF
<b>SIMPLES ENTRADA</b>							
V= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> d <sup>2</sup>	b <sub>0</sub>	0,244571	7655,3**	0,7539	2,066	29,41	7,04
	b <sub>1</sub>	0,001051					
V= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> d + b <sub>2</sub> d <sup>2</sup>	b <sub>0</sub>	-2,610900	3876,7**	0,7562	2,056	29,27	6,23
	b <sub>1</sub>	0,067491					
	b <sub>2</sub>	0,000678					
V= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> d	b <sub>0</sub>	-7,558720	7437,9**	0,7485	2,088	29,73	5,19
	b <sub>1</sub>	0,187010					
logV=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> log d	b <sub>0</sub>	-2,917030	8407,4**	0,7709	0,108	20,44	3,23 1,43
	b <sub>1</sub>	1,969013					
logV= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> log d + b <sub>2</sub> (1/d)	b <sub>0</sub>	-2,698210	4202,8**	0,771	0,108	20,43	3,23 1,43
	b <sub>1</sub>	1,875464					
	b <sub>2</sub>	-3,173980					
<b>DUPLA ENTRADA</b>							
logV= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> log(d <sup>2</sup> h)	b <sub>0</sub>	-3,621740	16773**	0,8703	0,086	15,19	1,79 1,06
	b <sub>1</sub>	0,869625					
logv=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> logd+b <sub>2</sub> logh	b <sub>0</sub>	-3,606790	8714,5**	0,8746	0,080	14,95	1,74 1,05
	b <sub>1</sub>	1,826114					
	b <sub>2</sub>	0,733257					
V= b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> d <sup>2</sup> h	b <sub>0</sub>	0,903710	12237,1**	0,8304	1,715	24,41	4,45
	b <sub>1</sub>	0,000044					

\*\* Valor de F altamente significativo

De acordo com a Tabela 3, as melhores equações de volume testadas para a área, dentre os oito modelos matemáticos aplicados cinco de simples entrada e três de dupla entrada, a que apresentou os melhores resultados para os indicadores de seleção utilizados, ou seja, maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ), menor Coeficiente de Variação (CV%) e menor Desvio Médio Percentual (DMP%) foi a equação  $\log V = -3,606790 + 1,826114 * \log DAP + 0,733257 * \log H$ , de Shumacher-Hall.

Quando se compara os modelos de simples entrada as equações  $\log V = -2,917030 + 1,969013 * \log d$ , de B. Husch e a equação  $\log V = -2,698210 + 1,875464 * \log d - 3,17398 * (1/d)$  de Brenac, foram as que melhor se ajustaram. Ambas podem ser utilizadas para estimar os volumes individuais das árvores da floresta, dada a semelhança nos resultados dos indicadores. A utilização de uma ou outra fica a critério do usuário.

#### 4.3 EQUAÇÕES DE VOLUME INDIVIDUAIS PARA DEZ ESPÉCIES DOMINANTES DA FLORESTA

Para a espécie angelim as melhores equações de volume testadas são apresentadas, no apêndice A. Das oito equações de volume ajustadas, a que apresentou os melhores valores de  $r^2$ , CV% e DMP% considerados aceitáveis foi a de número 7, ( $\log V = -3,73446 + 1,94031 * \log DAP + 0,63892 * \log H$ ) de Shumacher-Hall. Para as equações de simples entrada, a que obteve o maior  $r^2$ , menor CV% e menor DMP% foi a equação número 4 ( $\log V = -3,064 + 2,028822 * \log d$ ) de B. Hush. Comparando os tipos de equação (simples e dupla entrada), constatou-se de um modo geral que as de dupla entrada obtiveram os valores estatísticos ( $r^2$ , CV% e DMP %) mais adequados.

Para espécie faveira-atanã (Apêndice B), a melhor equação de simples entrada foi a número 5 ( $\log V = -1,30629 + 1,2867 * \log d - 22,4057 * (1/d)$ ) de Brenac, enquanto que a de dupla entrada foi a de número 7 ( $\log V = -3,68648 + 1,855249 * \log DAP + 0,788581 * \log H$ ) de Shumacher-Hall. Essa equação foi também a que obteve os valores mais adequados de  $r^2$  e CV% no geral. Comparando as equações de simples entrada, observou-se que os valores de  $r^2$  dos diferentes modelos foram próximos, já o CV% das

equações números 4 e 5 obtiveram valores muito inferiores em relação aos outros modelos.

No caso da espécie guajará (Apêndice C), a equação de dupla entrada que obteve os valores de  $r^2$  e CV% mais adequados foi também a equação número 7 ( $\log V = -3,4177348 + 1,75069 \cdot \log DAP + 0,67901 \cdot \log H$ ) de Schumacher-Hall. Em relação à equação de simples entrada, os modelos 4 ( $\log V = -2,57254 - 1,75452 \cdot \log d$ ) e 5 ( $\log V = -1,9977 + 1,50692 \cdot \log d - 8,09364 \cdot (1/d)$ ) de B. Husch e Brenac, respectivamente, obtiveram valores tanto de  $r^2$  como CV% semelhantes. A utilização de uma ou outra fica a critério do usuário

Para a espécie Jatobá (Apêndice D), a equação de simples entrada que apresentou o maior valor de  $r^2$ , e os menores valores de CV%,  $S_{xy}$  e DMP% foi a número 5 ( $\log V = -0,72219 + 1,103201 \cdot \log d - 34,22464 \cdot (1/d)$ ) de Brenac. Para o modelo de dupla entrada a equação que melhor representou a espécie Jatobá foi a de número 6 ( $\log V = -3,753449 + 0,897438 \cdot \log (d^2h)$ ) o modelo logaritimico de Spurr.

A equação 7, de dupla entrada, de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,2937 + 1,67344 \cdot \log DAP + 0,71371 \cdot \log H$ ), foi a que melhor se ajustou para a espécie Maçaranduba (Apêndice 5). Quando foram considerados somente os modelos de simples entrada, os resultados são semelhantes aos encontrados para a espécie Guajará, com as equações número 4 e 5 ( $\log V = -2,4939 + 1,7544 \cdot \log DAP$  e  $\log V = -1,5412 + 1,3495 \cdot \log d - 14,130 \cdot (1/d)$ ) de B. Husch e Brenac, respectivamente, obtendo maiores valores de  $r^2$  e menores valores de CV%,  $S_{xy}$  e DMP%. A utilização de uma ou outra fica a critério do usuário.

Em relação à espécie Muiracatiara (Apêndice F), a equação de simples entrada que melhor se ajustou foi a número 5 ( $\log V = -0,84419 + 1,156506 \cdot \log d - 32,875 \cdot (1/d)$ ) de Brenac. Para os modelos de dupla entrada, a equação número 7 de Schumacher-Hall ( $\log V = -4,04324 + 1,988925 \cdot \log DAP + 0,838526 \cdot \log H$ ), obteve os valores mais adequados, sendo também a que melhor se ajustou entre todos os modelos.

No caso da espécie pau-amarelo (Apêndice G), a equação número 5 ( $\log V = -5,5833 + 3,110658 \cdot \log d + 37,06928 \cdot (1/d)$ ) de Brenac obteve valores mais aceitáveis

quando se considera somente a de simples entrada. Vale ressaltar que, apesar de a equação número 2 ( $V = 7,93092 - 0,2171*d + 0,00264*d^2$ ) apresentar maior  $r^2$ , apresentou CV% maior que a equação número 5. Com relação aos modelos de dupla entrada, a equação número 7 de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,58188 + 1,847848*\log DAP + 0,714407*\log H$ ) obteve os valores tanto de  $r^2$  como de CV% mais adequados, e foi a que melhor se ajustou entre todos os modelos testados para essa espécie.

Dos oito modelos testados para a espécie piquiá (Apêndice H), a equação número 7 de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,70537 + 1,877864*\log DAP + 0,763973*\log H$ ) foi a que melhor se ajustou. Considerando somente os modelos de simples entrada, a equação número 5 ( $\log V = -0,52972 + 0,956722*\log d - 38,6241*(1/d)$ ) de Brenac obteve valores mais adequados.

Para a espécie tauari (Apêndice I), quando considerados somente os modelos de simples entrada as equações 4 e 5 ( $\log V = -2,85668 + 1,93148*\log DAP$  e  $\log V = -0,24363 + 0,83087*\log d - 40,9272*(1/d)$ ) de B.Husch e Brenac respectivamente, obtiveram valores mais adequados e muito próximos. A utilização de uma ou outra fica a critério do usuário. Para os modelos, de dupla entrada, a equação número 7 de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,52558 + 1,8685*\log DAP + 0,61164*\log H$ ) foi a que melhor se ajustou para essa espécie.

O resultados encontrados para a espécie timborana foram semelhantes aos encontrados para a maioria das espécies, com a equação número 7 de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,38425 + 1,69795*\log DAP + 0,712775*\log H$ ) se ajustando melhor entre todos os modelos de dupla entrada. Quando se considera os modelos de simples entrada, a equação número 4 ( $\log V = -2,8469 + 1,873905*\log d$ ) de B. Husch foi a que apresentou o maior valor de  $r^2$  e os menores valores para o de CV%,  $S_{xy}$  e DMP%.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados com as melhores modelos de simples e dupla entrada para cada espécie estudada. Dentre os modelos de simples entrada, destacam-se as equações de Brenac e Husch que se ajustaram melhor para as dez espécies. Nos modelos de dupla entrada, a equação de Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1*\log DAP + b_2*\log H$ ) foi a mais adequadas para nove espécies. A exceção foi

para o Jatobá que obteve melhores resultados com o modelo numero 6 (logaritmico de Spurr).

Tabela 4 Melhores modelos de simples entrada de equações de volume testados para dez espécies de uma floresta primária no sudeste do Pará

Espécie	Modelo	Equação de simples entrada	R <sup>2</sup>	CV %	DMP %
Angelim	4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	0,805	19,31	2,914
Faveira Atanã	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,776	21,84	3,790
Guajará	4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	0,749	19,74	2,823
Jatobá	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,902	14,12	1,660
Maçaranduba	4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	0,831	16,97	2,088
Muiracatiara	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,851	17,20	3,582
Pau Amarelo	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,768	18,06	6,002
Piquiá	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,849	17,19	2,293
Tauari	5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	0,685	21,22	2,957
Timborana	4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	0,751	19,21	2,517

Tabela 5. Melhores modelos de dupla entrada de equações de volume testados para dez espécies de uma floresta primária no sudeste do Pará.

Espécie	Modelo	Equação de dupla entrada	R <sup>2</sup>	CV %	DMP %
Angelim	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,889	14,46	1,598
Faveira Atanã	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,849	17,77	2,395
Guajará	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,860	14,64	1,492
Jatobá	6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2h)$	0,902	14,12	1,660
Maçaranduba	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,888	13,78	1,378
Muiracatiara	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,919	12,61	2,682
Pau Amarelo	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,887	12,45	5,340
Piquiá	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,907	13,46	1,373
Tauari	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,762	18,38	2,228
Timborana	7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	0,876	13,37	1,215

#### 4.4 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES PELO TESTE DO QUI-QUADRADO.

A validação das equações selecionadas para cada espécie e para a equação geral foi realizada através do Teste Qui-Quadrado, comparando o volume estimado pelas equações com os respectivos volumes reais das árvores que compuseram o banco de dados dos indivíduos que não fizeram parte dos dados utilizados para os ajustes das respectivas equações.

Para a equação geral e para as equações das dez espécies estudadas, selecionadas com o melhor ajuste, tanto para as de simples quanto para as de dupla entrada, foi aplicado o Teste Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) e de acordo com o resultado do teste todas as equações selecionadas foram validadas para uso na área estudada. (Tabela 6)

Tabela 6. Validação das equações através do teste do Qui-Quadrado

Espécies	N. ARV.	Equações Selecionadas	( $\chi^2$ cal.)	probabilidade (p)	SITUAÇÃO
Equação geral	245	Equação de husch	143,53	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	12,55		Eq.validada
angelim	30	Equação de husch	14,99	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	9,25		Eq.validada
faveira	26	Equação de Brenac	17,88	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	3,05		Eq.validada
guajará	31	Equação de Brenac	4,70	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	1,23		Eq.validada
jatobá	21	Equação de Brenac	6,72	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Spurr	0,70		Eq.validada
maçaranduba	140	Equação de husch	24,24	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	7,88		Eq.validada
muiracatiara	18	Equação de Brenac	3,64	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	0,35		Eq.validada
pau amarelo	34	Equação de Brenac	25,54	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	5,78		Eq.validada
piquiá	22	Equação de Brenac	27,59	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	13,00		Eq.validada
tauari	32	Equação de husch	11,04	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	2,02		Eq.validada
timborana	75	Equação de husch	16,76	$p \geq 0,05$	Eq.validada
		Equação de Shumacher	1,53		Eq.validada

#### 4.5 FATOR DE FORMA PARA AS DEZ ESPÉCIES DOMINANTES DA FLORESTA.

Na Tabela 7 são apresentados os fatores de forma médios calculados para as espécies estudadas.

Tabela 7 - Valores dos Fatores de Forma médio para as dez espécies estudadas

<b>ESPECIES</b>	<b>FATOR DE FORMA</b>
ANGELIM	0,65
FAVEIRA ATANÃ	0,76
GUAJARÁ	0,67
JATOBÁ	0,65
MAÇARAMDUBA	0,65
MUIRACATIARA	0,66
PAU AMARELO	0,79
PIQUIÁ	0,76
TAUARI	0,68
TIMBORANA	0,64
<b>Média</b>	<b>0,69</b>
<b>Todas as 60 Espécies</b>	<b>0,68</b>

Pode ser observado na Tabela 7 que os valores calculados para os fatores de forma para as espécies variaram entre 0,64 para a espécie timborana a 0,79 para a espécie pau-amarelo. Assim, esses valores por espécie apresentam-se bastantes diferenciados entre as espécies, demonstrando que a forma (afilamento das árvores) são características intrínsecas de cada espécie.

O fator de forma encontrado considerando todos os indivíduos das 60 espécies comerciais da área foi de 0,68, enquanto que para as dez espécies dominantes da floresta estudada foi encontrado um fator de forma médio de 0,69.

## 5 DISCUSSÃO

Na análise dos oitos modelos para as 60 espécies comerciais o modelo de Shumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \cdot \log DAP + b_2 \cdot \log H$ ) foi a que melhor atendeu aos critérios utilizados neste trabalho. Este mesmo modelo foi que melhor ajustou os dados para a Floresta Nacional do Tapajós encontrados e para uma floresta ombrófila aberta situada na região noroeste do Mato-Grosso. (SILVA et al, 1984; COLPINI et al, 2009).

Para Silva; Carvalho (1984) A precisão das equações de volume, obtida com os modelos de simples entrada, é geralmente inferior aos verificados com os modelos de dupla entrada. A inclusão da variável altura no modelo de regressão geralmente aumenta a precisão das estimativas; porém, aumenta, com isso, os custos do levantamento, além da inclusão dos possíveis erros que se podem cometer quando da determinação da altura comercial ou total durante os levantamentos de campo.

Por outro lado, se uma amostra representativa das alturas das árvores de uma floresta tropical for obtida, com o uso de dendrômetros de precisão, como por exemplo os dendrômetros a “laser”, as equações de dupla entrada podem vir a ser uma alternativa para estimar os volumes individuais das árvores em pé na região amazônica. Esta orientação está sendo aplicada pelo Serviço Florestal Brasileiro em inventários florestais contratados pela instituição naquela região. (J.N.M. Silva comunicação pessoal 2009).

De acordo com Guimarães (1994), quando a variável independente for apenas o DAP, a sugestão é o uso do modelo de Husch, que embora apresente um  $S_{YX}\%$  maior que 10%, apresentam  $r^2$  maior que 0,90, permitindo a aceitação do modelo. Entretanto, sua tendenciosidade também sugere cautela no seu uso, devendo ser testado com o maior número possível de árvores de grande porte.

Assim, quando a qualidade do ajuste da equação de simples entrada foi aceitável, então pode ser indicada como alternativa para a quantificação do volume das árvores em pé na área estudada. O modelo de Husch foi também indicado por Rolim et al (2006) para Floresta Nacional Tapirapé - Aquiri, Serra dos Carajás (PA) e por Baima et al. 2001), para uma floresta de terra firme, na região do Moju (PA). Os autores

evidenciaram que o modelo de simples entrada mais aceitável foi de Husch, uma vez que, apresentaram  $r^2$  maior que 0,9 e CV % menor que 22%.

No estudo realizado por Barros; Silva Junior (2009), na fazenda Santa Bárbara no município de Anapú foi selecionada a equação de Brenac de simples entrada, pois quando comparada com as outras equações de dupla entrada, não apresentou diferença significativa, sendo, portanto, a equação escolhida para a determinação do volume das árvores em pé.

Quando foi considerada uma equação para cada espécie, constatou-se que para os modelos de dupla entrada, todas as espécies à exceção do jatobá se ajustaram melhor ao modelo de Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ ). Uma provável explicação para esse fato é que, para essa espécie em particular, a correlação DAP-Hc deve ser mais forte e, portanto a inclusão da variável combinada no modelo resultou em melhor ajuste.

Dentre as equações de simples entrada testadas, os modelos que melhor se ajustaram para as dez espécies dominantes da floresta foram os de Brenac e Husch, tendo sido considerados os melhores para cinco espécies cada um. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Silva et al. (1984), na Floresta Nacional de Tapajós-PA, que constataram que o modelo de simples entrada de Husch se ajustou melhor a quase todas as espécies, com exceção de jarana e taxi-vermelho.

Para todas as espécies e para a floresta em geral, os modelos logarítmicos testados resultaram nos melhores ajustes. Fato semelhante foi constatado por Silva et al. (1984) na Floresta Nacional do Tapajós. Os referidos autores atribuíram a melhor performance dos modelos logarítmicos ao fato da existência de heterogeneidade de variâncias do volume em relação às variáveis independentes aplicadas nos modelos testados, fato esse comum em se tratando de florestas tropicais.

O fator de forma médio de 0,68 ( $\pm 0,7$ ) encontrado para as 60 espécies comerciais na área estudada é compatível com o valor 0,7 proposto por Heinsdijk e Bastos(1963) . Entretanto, Moura (1994) em estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós com 710 indivíduos encontrou fator de forma médio igual a 0,75, semelhante,

ao determinado por Colpine et al. (2009), em uma floresta ombrófila aberta na região Noroeste do Mato Grosso igual a 0,74. Estes resultados do fator de forma em torno de 0,7, inclusive os do presente trabalho, vêm corroborar os estudos pioneiros realizados por Heinsdijk e Bastos (1963) na bacia amazônica.

Quando o fator de forma é considerado individualmente para as espécies, observa-se que os resultados encontrados neste trabalho diferem daqueles relatados por alguns autores. Por exemplo, Silva (2007), relatou fator de forma médio para as espécies maçaranduba e jatobá de 0,71 em Portel, PA, valor superior, ao encontrado no presente estudo para essas espécies, o qual foi de 0,65, o que pode ser explicado pela diferença de idade das árvores amostras, variável essa que tem influência direta na conicidade, e, conseqüentemente, no fator de forma.

## 6 CONCLUSÕES

1. Entre os modelos de simples entrada testados para as dez espécies estudadas os modelos de B. Husch ( $\log V = b_0 + b_1 \log d$ ) e Brenac ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$ ) foram os que apresentaram melhores ajustes e para os modelos de dupla entrada, com a exceção do Jatobá se ajustaram melhor ao modelo de Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ ).
2. Para o conjunto das 60 espécies distribuídas entre 2500 indivíduos, entre os modelos testados de dupla entrada o de Schumacher-Hall ( $\log V = -3,606790 + 1,826114 * \log DAP + 0,733257 * \log H$ ), foi o que apresentou melhor ajuste. Entretanto, o modelo de simples entrada, de B. Husch ( $\log V = -2,917030 + 1,969013 * \log DAP$ ) apresentou resultados com boa precisão.
3. Tanto para as equações individuais para as dez espécies dominantes como para a equação geral para a área, os modelos logarítmicos se destacaram em relação aos outros modelos e isso se deve ao fato de que esses modelos reduzem o efeito da heterogeneidade de variâncias entre as variáveis que os compõem.
4. Através do teste Qui-Quadrado todos os modelos selecionados tanto para equação geral como para as dez espécies dominantes foram validadas e devido na Amazônia ter dificuldade na obtenção da variável altura o usuário deverá utilizar os modelos de simples entrada.
5. Quando o usuário conseguir obter a variável altura com boa precisão, deverá utilizar os modelos de dupla entrada, pois esses modelos obtiveram melhores precisões do que os de simples entrada.
6. As equações selecionadas devem ser usadas dentro dos limites de variação dos diâmetros das árvores-amostra usadas para a determinação das equações, assim como em florestas de terra firme que apresentem características semelhantes as da área onde foram coletados os dados.

## REFERENCIAS

BAIMA, A.V.; SILVA, S.M.S.; SILVA, J.N.M.. Equações de volume para floresta tropical de terra firme em Moju, PA. In: Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P.; Yared, J.A.G. (eds). **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto silvicultura tropical (Embrapa/DFID). Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p.367-392. v.2.

BALAAM, L. N. **Fundamentals of biometry**. New York: John & Sons, 1972.

BARROS, Paulo L. Contente; SILVA, J. N. Macedo. **Relação entre volumes de árvores em pé e volume Francon**. Belém: FCAP-Serviço de documentação, 2002 p 25-41 (FCAP. Informe técnico, 28).

CARRON, L.T.; CROMER, D. A. N. Stand volume tables with particular reference to *Pinus radiata* in the A.C.T. Camberra. **Forestry and Timber Bureau**, 1956. (Bulletin, 35).

CIKEL BRASIL VERDE MADEIRAS LTDA. **Plano de manejo florestal**. Belém: Cikel Brasil Verde Madeiras, 2000. 27 p.

COLE, D.M. **A cubic-foot stand volume equation for *Lodgepole pine* in Montana and Idaho**. Ogden, Utah: United States Department of Agriculture Forest Service Research, 1971. 8p. (Note, 150)

COLPINI, Chirle et al. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amaz.**, Manaus v.39, n.1, p. 97-104, mar. 2009.

DRAPER, N.; SMITH, H. **Applied regressions analisys**. New York: John Wiley & Sons, 1966.

FINGER, C.A.G **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF – FATEC, 1992, 269p.

FURNIVAL, G. M. Na índex for comparing equations used in constructing volume tables. *Forest science*, Madison, v. 7, n. 4, p. 337-41, 1961.

FRANCO, E. J. et al. Eficiência dos métodos para estimativa volumétrica de *Eucalyptus Camuldelensis*. **Revista Cerve**, Lavras, v.3, n. 1, p. 82- 116. 1997

GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de eucalipto.** 1994. 178f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Influência do número de árvores na determinação de equação volumétrica para *eucalyptus grandis*. **Scientia forestalis**, n. 50, p. 37-42, dez., 1996.

HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. **Inventários florestais na Amazônia.** Rio de Janeiro, 1963, 100p. (Serviço Florestal. Boletim, 6).

HUMMEL, A. C. **Normas de acesso ao recurso florestal na amazônia brasileira: o caso do manejo florestal madeireiro.** 2001. 103f. Dissertação (Mestrado em Biologia tropical e recursos naturais) – Universidade do Amazonas - INPA, Manaus, 2001.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory.** Reinbek: Federal Research Organization for Forestry and Forest Products, Forest Inventory Section, 1973. 469p. v. 2.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de Pinus oocarpa. **Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 185-196, 2002.

MARTINS FILHO, Sergio Evandro Costa. **Avaliação dos danos e métodos da regulação da floresta submetidas à exploração de impacto reduzido na Amazônia oriental.** 120 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006.

MENEZES, N. P.; SILVA, J. N. M. Equações de volume para florestas de terra firme nos Municípios de Tailândia e Paragominas. **In: Seminário de Iniciação Científica da Ufra, 1. Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, 7, 2003, Belém, PA.** Resumos Expandidos. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia. Cd-Rom.

MORAIS FILHO, A. D. et al. **Utilização de métodos estatísticos em inventário florestal.** Piracicaba: ESALQ - Departamento de Ciências Exatas, 2003.

MOURA, J. B. de. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira.** 113f. Dissertação (Mestrado) – UFPR, Curitiba, 1994.

PAULA NETO, F. et al. Estimativa do volume comercial para *Eucalyptus microcorys* em regime de alto fuste na região de Coronel Fabriciano-MG. **Brasil Florestal**, v. 9, n.34, p. 57-61, abr./jul. 1978.

PELLICO NETTO, S. EQUIVALÊNCIA VOLUMÉTRICA: Uma Nova Metodologia para Estimativa do Volume de Árvores. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.2, n.1, p. 17-30, jan./mar. 2004.

PRODAN, M. et al. **Mensuração florestal**. San José, Costa Rica : IICA, 1997. 586p.

QUEIROZ, W. T. 1984. **Análise de fatores pelo método da máxima verossimilhança: aplicação ao estudo da estrutura de florestas tropicais**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ROLIM, Samir Gonçalves et al. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amaz.**, Manaus, v.36, n.1, p. 107-114. 2006

SCHMIDT, P. B.; CHICHORRO, J. F. **Diagnóstico e avaliação das pesquisas em silvicultura e manejo florestal na Amazônia**. Cuiabá: UFMT, 1990. 79 p.

SCOLFORO, J.R. S **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELO, J. M. M. Crescimento, produção e a distribuição diamétrica de uma floresta estacional semidecídua montana. **Revista cerne**. Lavras, v.2, n.2. 1994.

Serviço Florestal Brasileiro. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=5&idMenu=1194>> Acesso em: 08/08/2009.

SILVA, J. A. **Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamentos de *Pinus taeda* L. para fins biométricos em Santa Maria – RS**. Santa Maria, 1974, 87p. Dissertação(Mestrado em Engenharia Rural) – Curso de Pos-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1974.

SILVA, J. L. R. **Modelos Volumétricos, Fatores de Forma e Equação de Afilamento para Floresta de Terra Firme da Região do Rio Aru Município de Portel-Pará**. Belém: UFRA. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado).

SILVA, J. N. M. **Metodologia utilizada na construção de tabelas de volume**. Belém: EMBRAPA-CPATU. 1988. 21p. (EMBRAPA-CPATU. Documento, 50).

SILVA, J. N. M.; et al. Equações de volume para floresta nacional do Tapajós. **Boletim de pesquisa florestal**, n. 8-9., p. 50-63, 1984.

SILVA, J. N. M.; ARAÚJO, S. M. Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro, na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de pesquisa florestal**. n. 8-9, p. 16-25, 1984.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, M. S. P. de. Equações de volume para uma floresta secundária no planalto do Tapajós - Belterra. **Boletim de pesquisa florestal**. n. 8-9, p. 1-15, 1984.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A. 1985. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.10-11, 38-110, jun./dez. 1985.

SILVA JÚNIOR, A. T. **Equação de Volume e Fator de Forma para Árvores de Schizolobium amazonicum parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby (paricá) no Município de Aurora do Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2009.

SILVA, J. N. M. ; SCHNEIDER, P. R. Comparação de equações de volume para povoamento de *Acacia mearnsii* (acácia negra) no Estado do Rio Grande do Sul. **Floresta**, v. 10, n. 1, p. 36-42, 1979.

SILVA, R. das C. Contribuição do levantamento de solo e caracterização dos sistemas naturais e ambientais na região de Paragominas – Estado do Pará. 1997. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Belém. 1997.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press, 1952. 476p.

SUDAM. **Levantamentos florestais realizados pela Missão FAO na Amazônia, 1956/61**. Belém, SUDAM, 1974. 2 v.

TEIXEIRA, L. M. et al. Projeção da dinâmica da floresta natural de terra-firme, região de Manaus – AM, com o uso da cadeia de transição probabilística. **Acta Amaz.**, Manaus, v.37, n.3, p. 377 – 384, 2007.

THOMAS, C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com os dados de cubagem e análise de tronco. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.

TONINI, H.; ARCOVERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima. **Acta Amaz.**, Manaus, v.35, n.3, p. 353-362. 2005.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1991. 124p.

# APÊNDICE

## APÊNDICE A

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Angelim (*Dinizia excelsa Ducke*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0=	0,099739	735,0364	0,800444	2,151089	24,72945	6,267799
		b1=	0,000999					
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0=	-4,0432	372,7783	0,802495	2,140009	24,60208	5,396483
		b1=	0,08827					
		b2=	0,000556					
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0=	-9,04352	727,3053	0,798747	2,160214	24,83436	4,605614
		b1=	0,196782					
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0=	-3,064	758,067	0,805333	0,102515	19,31159	2,914333
		b1=	2,028822					1,679816
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0=	-3,3704	377,0917	0,804316	0,102783	19,36747	2,911693
		b1=	2,157082					1,684678
		b2=	4,879591					
DUPLA ENTRADA								
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0=	-3,73446	1266,981	0,873704	0,082573	15,45136	1,819896
		b1=	0,890803					1,344035
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0=	-3,7174	735,7058	0,889253	0,077323	14,4643	1,598542
		b1=	1,94031					1,258175
		b2=	0,63892					
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0=	1,06259	959,4581	0,839679	1,928065	22,16551	4,580685
		b1=	4,35E-05					

## APÊNDICE B

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Faveira atanã (*Parkia multijuga Benth*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coefficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF	
SIMPLES ENTRADA									
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0=	0,919513	579,6376	0,73465	2,696934	29,58245	9,417773	-
		b1=	0,001019						
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0=	-4,61775	298,6194	0,740127	2,668953	29,27553	7,72652	-
		b1=	0,125028						
		b2=	0,000361						
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0=	-7,53432	593,956	0,739387	2,672749	29,31717	7,041266	-
		b1=	0,192285						
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0=	-2,7908	723,8628	0,775718	0,119805	21,91178	3,805314	1,997624
		b1=	1,914542						
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0=	-1,30629	363,5378	0,776249	0,119663	21,84468	3,790448	1,991507
		b1=	1,2867						
		b2=	-22,4057						
DUPLA ENTRADA									
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0=	-3,75913	1171,856	0,848535	0,098455	17,83626	2,421978	1,626073
		b1=	0,907061						
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0=	-3,68648	591,8701	0,84972	0,098069	17,77399	2,395212	1,620396
		b1=	1,855249						
		b2=	0,788581						
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0=	1,164308	803,9089	0,79346	2,379374	26,09916	6,865062	-
		b1=	5,05E-05						
								1,754329	

## APÊNDICE C

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie guajará (*Micropholis venulosa*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0= b1=	0,7821059 423,213917	0,7239435	1,491408	25,233169	5,9948061	-
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0= b1= b2=	-2,0174985 213,963109 0,7256895	0,7256895	1,4866839	25,153243	5,4220929	-
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0= b1=	-39,23663 377,445121	0,7004345	1,5536148	26,285647	4,6988494	-
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0= b1=	-2,5725496 483,951194	0,7499811	0,1002206	19,741716	2,8236555	1,1668353
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0= b1= b2=	-1,997715 240,751941 0,7486354	0,7486354	0,1004899	19,785185	2,8246682	1,1694046
DUPLA ENTRADA								
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0= b1=	-3,469096 939,484835	0,8535678	0,0766988	14,987571	1,5721797	0,8858413
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0= b1= b2=	-3,4177348 495,96844 0,860114	0,860114	0,0749648	14,645083	1,4928778	0,8655985
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0=	1,0228769 702,030978	0,8132318	1,2267299	20,755075	3,8508941	-

## APÊNDICE D

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie jatobá (*Hymenaea courbaril*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coeficientes		F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA									
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0=	1,0509627	535,05821	0,727542	3,4320498	29,822798	8,7962424	-
		b1=	0,0012663						
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0=	-14,991147	330,07199	0,7669389	3,1742326	27,582495	4,1217361	-
		b1=	0,3465237						
		b2=	-0,000484						
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0=	-10,792832	652,41019	0,7650956	3,1867604	27,691355	5,0723314	-
		b1=	0,2534044						
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0=	-2,9454815	951,56732	0,8261727	0,1027804	19,067263	3,046726	2,1942876
		b1=	2,0401595						
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0=	-0,7221909	486,26596	0,8291375	0,1019002	18,853214	2,9323915	2,1696546
		b1=	1,1032012						
		b2=	-34,224641						
DUPLA ENTRADA									
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0=	-3,7534492	1857,5791	0,9027511	0,0768765	14,12036	1,6609735	1,624991
		b1=	0,8974389						
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0=	-3,7285337	927,73233	0,9026036	0,0769348	14,138853	1,6623734	1,6271193
		b1=	1,8215464						
		b2=	0,8439349						
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0=	1,8824803	825,53837	0,8047901	2,9050574	25,243497	6,1680648	-
		b1=	4,157E-05						

## APÊNDICE E

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

N°	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	S <sub>y/x</sub>	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	V= b0 + b1d <sup>2</sup>	b0= 1,1667 b1= 0,000925	675,80279	0,763522	2,004461	23,974994	5,010575	-
2	V= bo + b1d + b2d <sup>2</sup>	b0= -4,006083 b1= 0,121027 b2= 0,00026	350,31068	0,769728	1,977985	23,658316	3,9291666	-
3	V= bo + b1d	b0= -5,950742 b1= 0,167379	699,67927	0,769742	1,977921	23,657561	3,6245427	-
4	logV=bo + b1 log d	b0= -2,493928 b1= 1,754405	1035,8206	0,831969	0,087404	16,977595	2,088943	1,419434
5	logV= bo + b1 log d + b2(1/d)	b0= -1,541206 b1= 1,349599 b2= -14,13077	517,98089	0,831853	0,087434	16,970345	2,0781068	1,418828
DUPLA ENTRADA								
6	logV= bo + b1log(d <sup>2</sup> h)	b0= -3,373612 b1= 0,820348	1646,3818	0,887294	0,071583	13,840766	1,3893026	1,157175
7	logv=b0 + b1logd + b2logh	b0= -3,293747 b1= 1,673449 b2= 0,713723	830,685	0,888138	0,071314	13,788975	1,3786204	1,152845
8	V= bo + b1d <sup>2</sup> h	b0= 1,441573 b1= 3,98E-05	1062,4594	0,835493	1,671841	19,996583	3,4598166	-

## APÊNDICE F

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Muiracatiara (*Astronium lecointei*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF	
SIMPLES ENTRADA									
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0= b1=	-0,1022 0,001398	842,8545	0,829532	2,169802	22,714	5,484049	-
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0= b1= b2=	-4,98535 0,117891 0,000727	429,1673	0,83193	2,154486	22,55367	4,363937	-
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0= b1=	-10,0918 0,243259	839,8356	0,829024	2,173036	22,74786	3,436136	-
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0= b1=	-3,1124 2,126193	980,2492	0,849859	0,093077	17,36038	3,738647	1,658387
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0= b1= b2=	-0,84419 1,156506 -32,875	498,1814	0,851803	0,092472	17,20888	3,582478	1,643914
DUPLA ENTRADA									
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0= b1=	-4,12768 0,968158	1930,9	0,917733	0,068898	12,70334	2,636043	1,213513
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0= b1= b2=	-4,04324 1,988925 0,838526	983,9233	0,919115	0,068316	12,61205	2,682645	1,204792
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0= b1=	0,663644 4,75E-05	1340,853	0,885647	1,777148	18,6036	3,873098	

## APÊNDICE G

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Pau amarelo (*Euxylophora paraensis* Huber), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0= b1=	-0,39524 0,001102	456,8886	0,771531	1,403662	24,27523	3,311193 -
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0= b1= b2=	7,93092 -0,2171 0,00246	254,5609	0,78976	1,346501	23,28667	4,484923 -
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0= b1=	-6,67759 0,169728	361,2698	0,727421	1,533185	26,51522	100,342 -
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0= b1=	-2,87564 1,935256	444,0071	0,766439	0,090755	18,11091	6,316829 1,047224
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0= b1= b2=	-5,58333 3,110658 37,06928	224,8127	0,76829	0,090395	18,06274	6,002586 1,044439
DUPLA ENTRADA								
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0= b1=	-3,57786 0,871445	1002,634	0,881228	0,064718	12,81284	5,373472 0,740875
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0= b1= b2=	-3,58188 1,847848 0,714407	535,1877	0,887816	0,062898	12,45358	5,340315 0,720101
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0= b1=	0,368619 5,69E-05	983,1263	0,879154	1,020856	17,65489	97,00699 -

## APÊNDICE H

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Piquiá (*Cariocar villosum*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coefficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0= 0,507102 b1= 0,000932	508,9005	0,779107	2,298973	26,94278	6,003772	-
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0= -5,38298 b1= 0,127815 b2= 0,000284	261,5886	0,783516	2,275914	26,67254	4,460389	-
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0= -7,88563 b1= 0,182936	523,3936	0,783911	2,273836	26,64818	3,929203	-
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0= -2,96708 b1= 1,977009	795,4249	0,846551	0,094008	17,42743	2,371699	1,487048
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0= -0,52972 b1= 0,956722 b2= -38,6241	407,9808	0,849681	0,093045	17,19035	2,293543	1,466818
DUPLA ENTRADA								
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0= 0,49734 b1= 2,51E-06	652,5416	0,818991	0,102102	19,12694	2,826772	1,632064
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0= -3,70537 b1= 1,877864 b2= 0,763973	703,669	0,907057	0,073163	13,46897	1,373978	1,149281
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0= 0,788016 b1= 5,28E-05	990,4655	0,872956	1,743494	20,43285	3,465385	-

## APÊNDICE I

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Tauari (*Couratari guianenses*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

Nº	Equação	Coefficientes	F	R <sup>2</sup>	S <sub>y/x</sub>	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	V= b0 + b1d <sup>2</sup>	b0= 0,5052805 b1= 0,0009854	254,88063	0,6497029	2,1694812	25,214481	6,1889768	-
2	V= bo + b1d + b2d <sup>2</sup>	b0= -2,6317395 b1= 0,069638 b2= 0,0006113	127,12092	0,6497029	2,1740551	25,267641	5,8705272	-
3	V= bo + b1d	b0= -7,6401743 b1= 0,182123	252,83406	0,6493346	2,1751977	25,280921	5,4550745	-
4	logV=bo + b1 log d	b0= -2,8566867 b1= 1,9314861	295,4642	0,684062	0,1042876	21,304285	2,9935689	1,8330436
5	logV= bo + b1 log d + b2(1/d)	b0= -0,2436307 b1= 0,8308701 b2= -40,927264	149,02797	0,6852259	0,1040953	21,228828	2,9579099	1,8265512
DUPLA ENTRADA								
6	logV= bo + b1log(d <sup>2</sup> h)	b0= -3,5313985 b1= 0,8548124	405,38454	0,7483274	0,0930786	18,938596	2,3798637	1,6294972
7	logv=b0 + b1logd + b2logh	b0= -3,5255869 b1= 1,868521 b2= 0,6116461	219,40957	0,7625778	0,090405	18,388041	2,228846	1,5821269
8	V= bo + b1d <sup>2</sup> h	b0= 1,3822075 b1= 4,36E-05	321,77433	0,70226	2,0043376	23,295124	5,2628391	-

## APÊNDICE J

Modelos de simples e dupla entrada de equações de volume testados e seus respectivos dados de precisão para a espécie Timborana (*Piptadenia suaveolens*), em uma floresta primária no Sudeste do Pará.

N°	Equação	Coeficientes	F	R <sup>2</sup>	Sy/x	CV%	DMP%	IF
SIMPLES ENTRADA								
1	$V = b_0 + b_1 d^2$	b0= 0,48947 b1= 0,000757	405,8664	0,7363	1,251195	23,54506	5,494493	-
2	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	b0= -1,85873 b1= 0,057944 b2= 0,000415	204,2952	0,737124	1,249238	23,50824	5,003983	-
3	$V = b_0 + b_1 d$	b0= -4,61538 b1= 0,127088	403,3976	0,73511	1,254013	23,5981	4,570964	-
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	b0= -2,8469 b1= 1,873905	438,3569	0,751012	0,096688	19,21165	2,517957	1,020915
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$	b0= -1,66836 b1= 1,367299 b2= -16,8014	218,5865	0,750075	0,09687	19,22712	2,515239	1,021737
DUPLA ENTRADA								
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	b0= -3,36361 b1= 0,811539	1006,902	0,874012	0,048211	9,460355	1,247148	0,502727
7	$\log v = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	b0= -3,38425 b1= 1,69795 b2= 0,712775	513,7459	0,87612	0,0682	13,3745	1,215564	0,710727
8	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	b0= 0,883897 b1= 4,03E-05	825,6527	0,850462	0,942205	17,73047	2,709431	-

# ANALISE GRAFICA DOS RESIDUOS DAS EQUAÇÕES SELECIONADAS DE SIMPLES E DUPLA ENTRADA

## GRAFICOS EQUAÇÃO GERAL

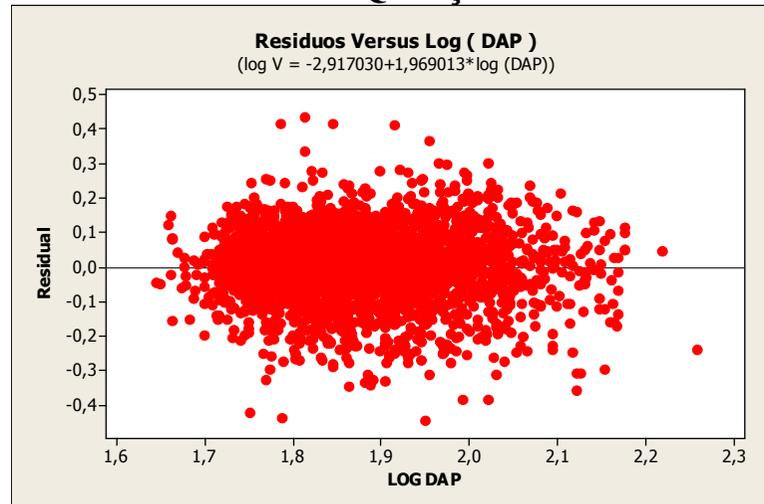
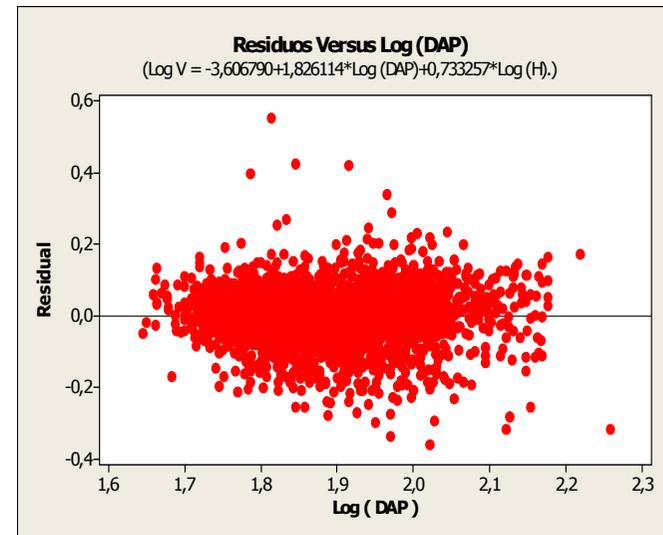
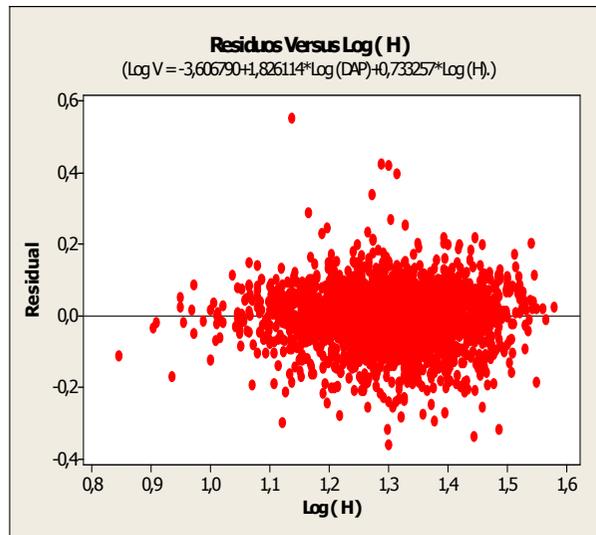


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para os dados gerais



Gráficos do resíduo da equação de Shumacher-Hall para os dados gerais

## GRAFICOS PARA A ESPÉCIE ANGELIM

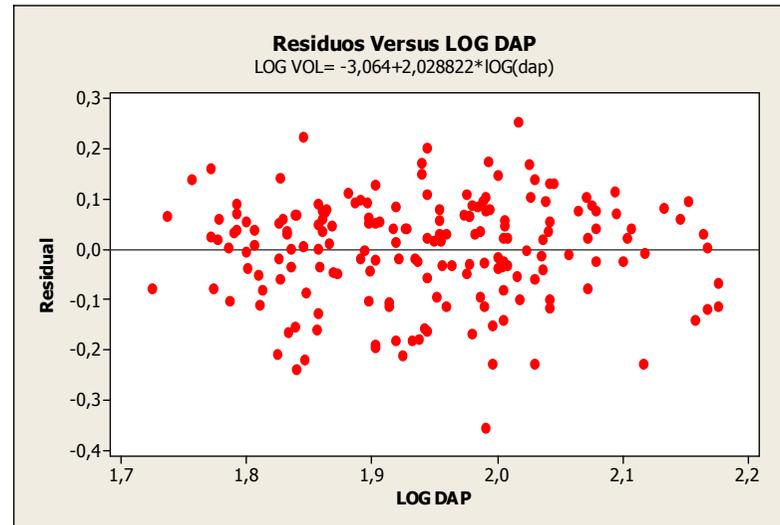


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para a espécie Angelim

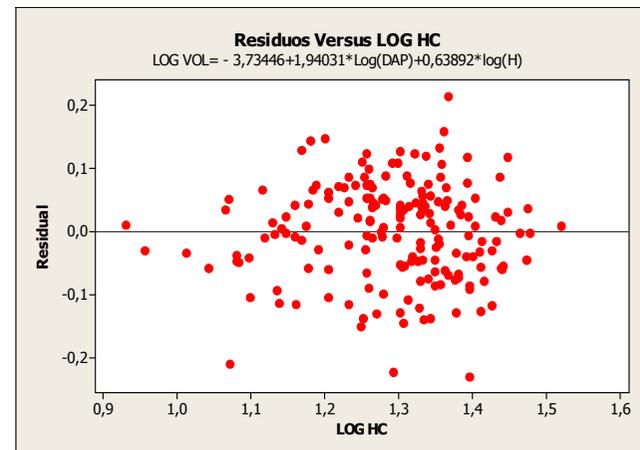
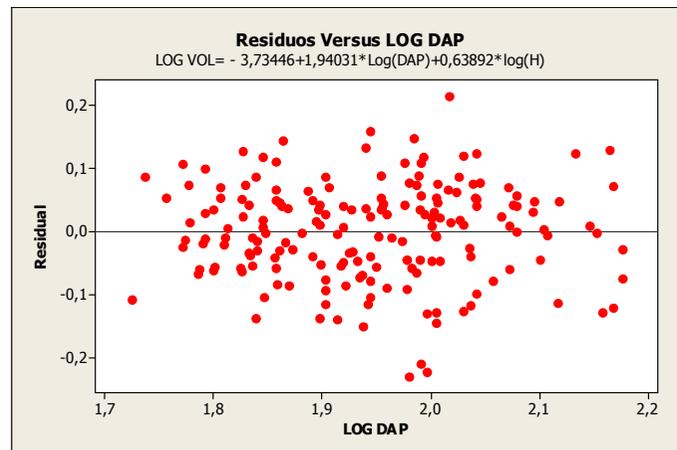


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie Angelim

## GRAFICOS PARA A ESPÉCIE FAVEIRA

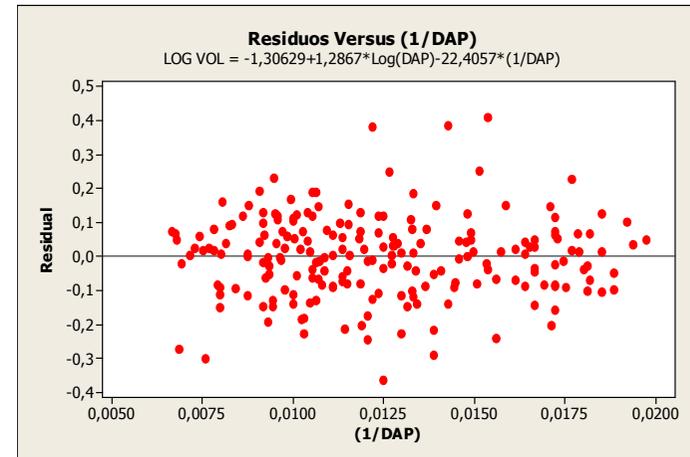
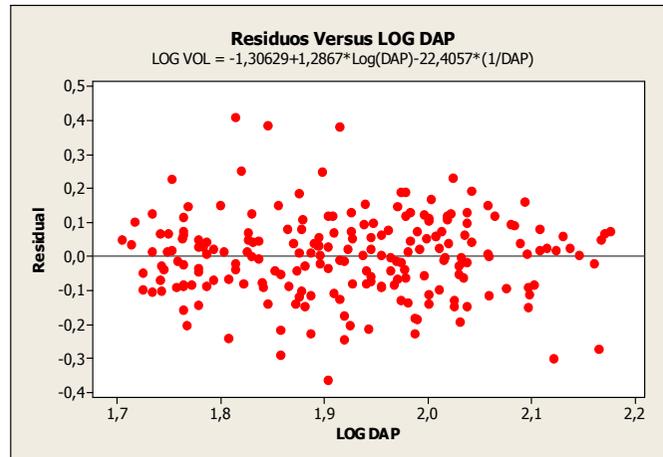


Gráfico do resíduo da equação de Brenac para a espécie Faveira

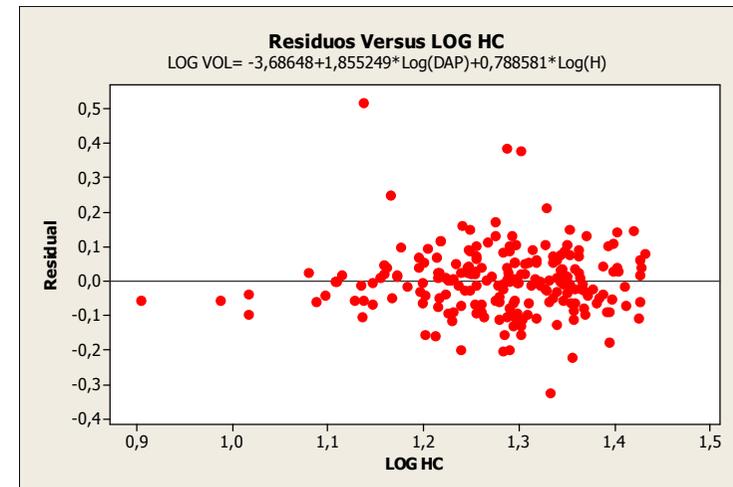
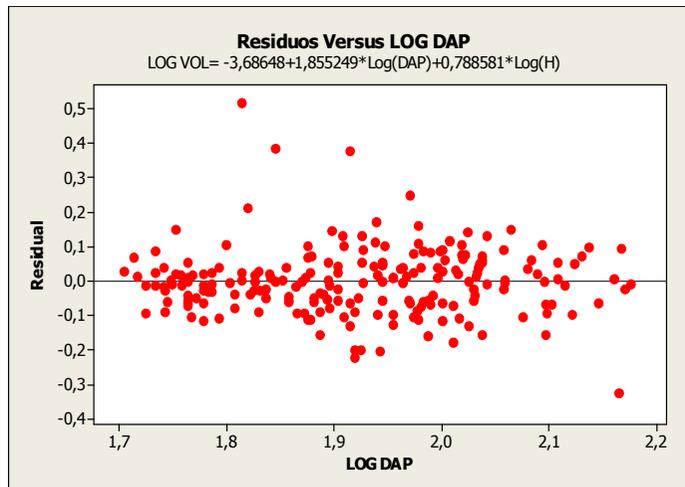


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie faveira

## GRÁFICOS PARA A ESPÉCIE GUAJARÁ

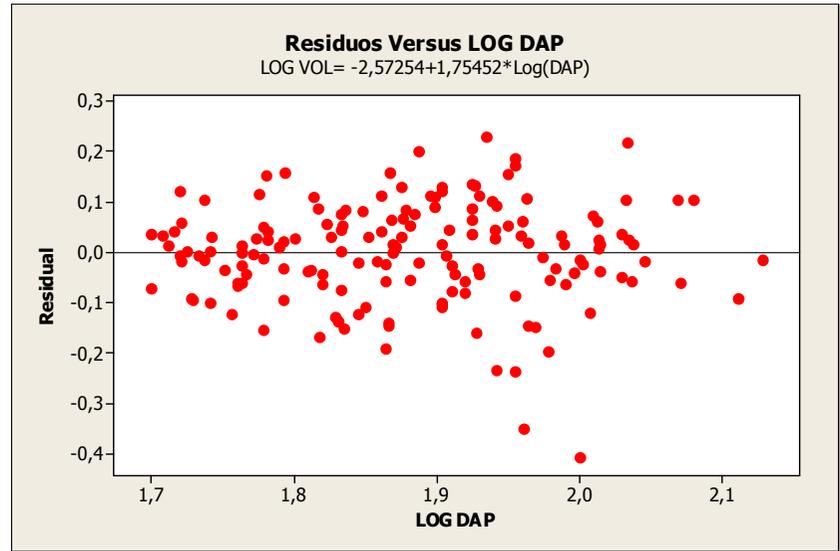


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para a espécie guajará

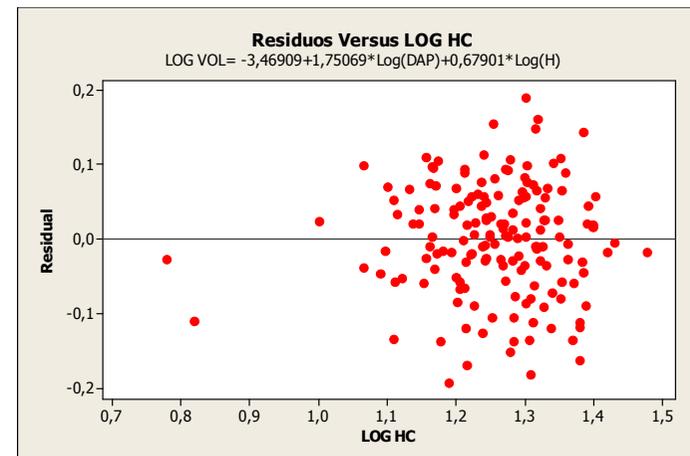
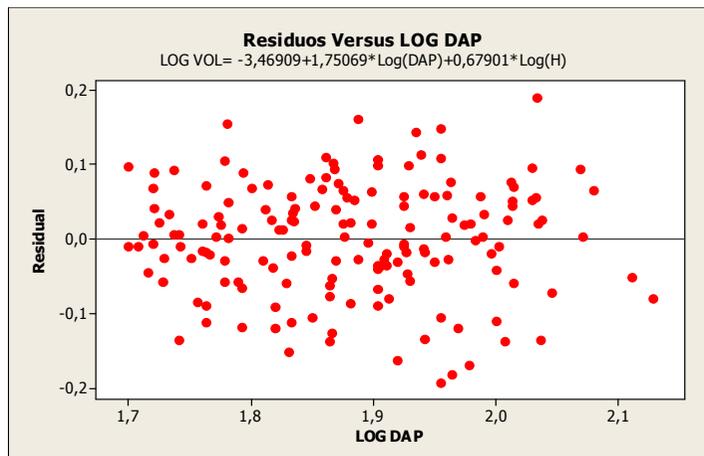


Gráfico do resíduo da equação de Schumacher para a espécie Guajará

## GRÁFICOS PARA ESPÉCIE JATOBÁ

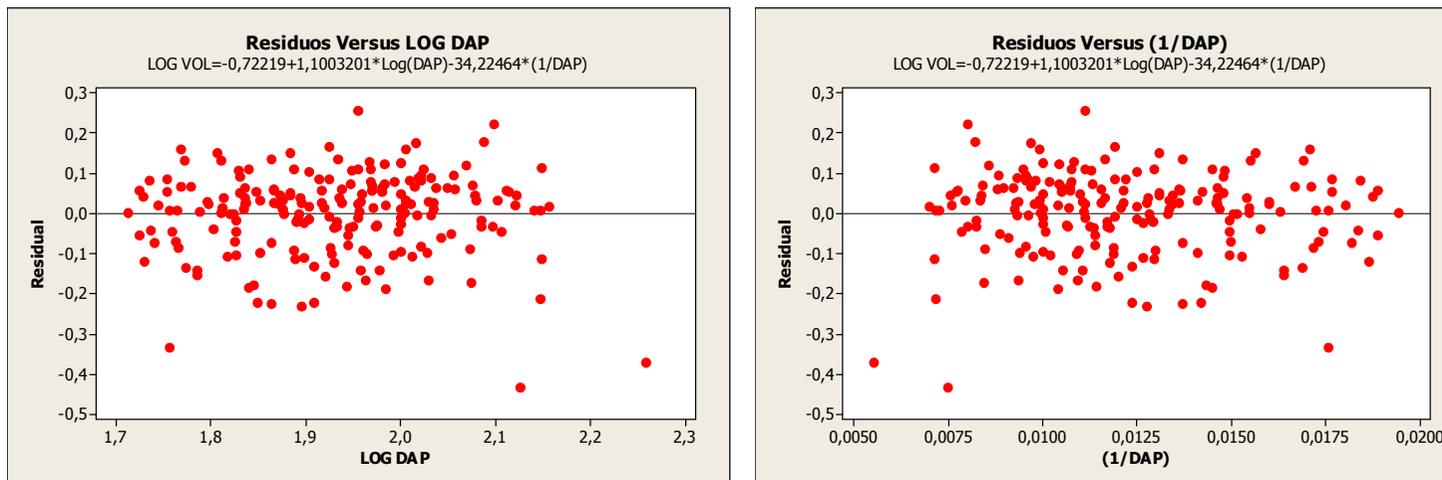


Gráfico do resíduo da equação de Brenac para a espécie Jatobá

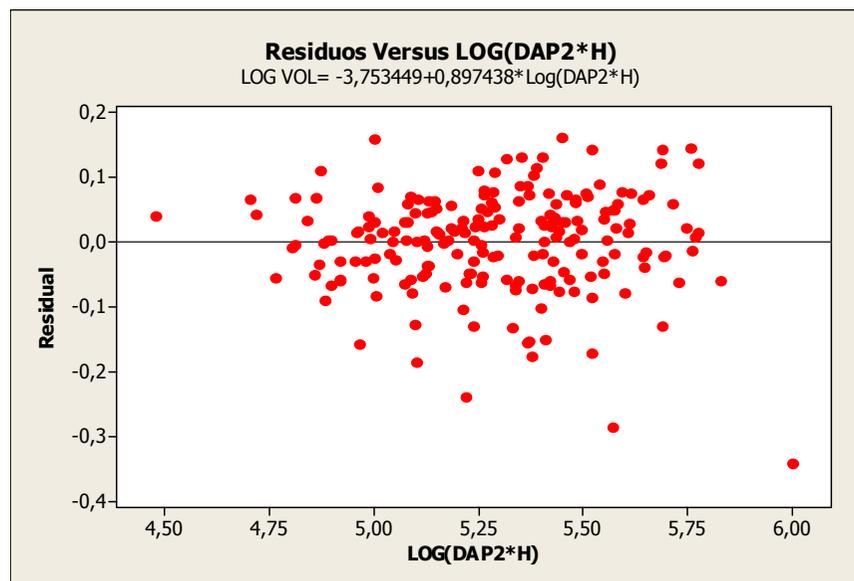


Gráfico do resíduo da equação de S. H. Spurr para a espécie Jatobá

## GRÁFICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA

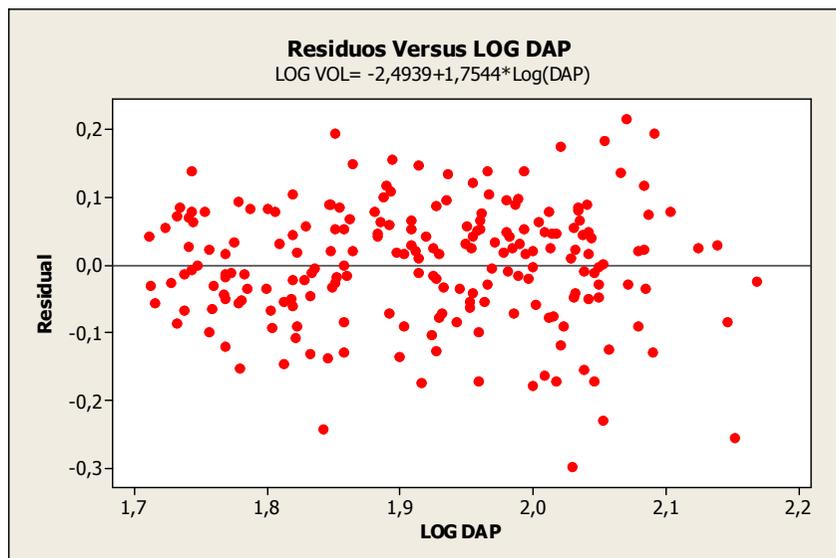


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para a espécie maçaranduba

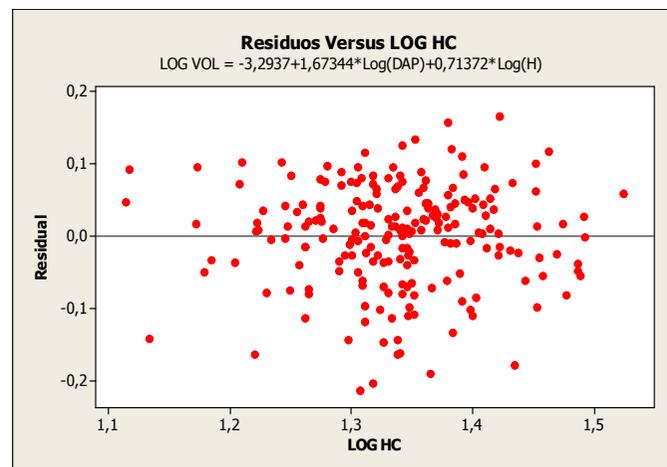
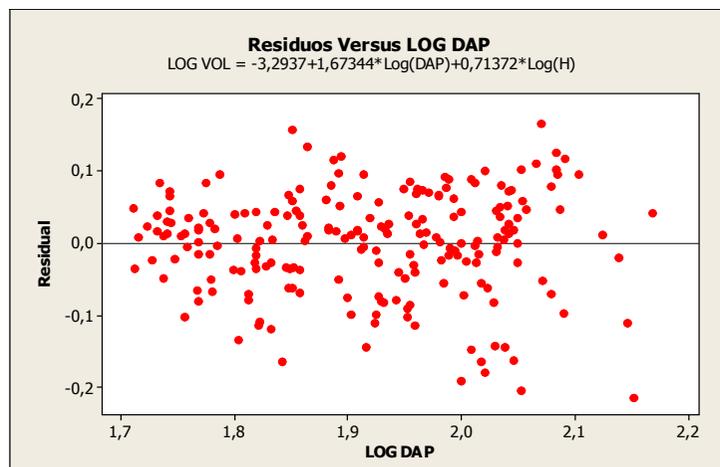


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie maçaranduba

## GRAFICOS PARA A ESPÉCIE MUIRACATIARA

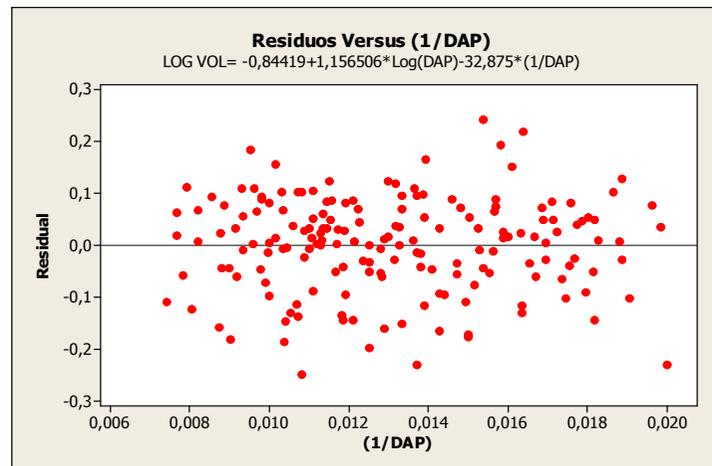
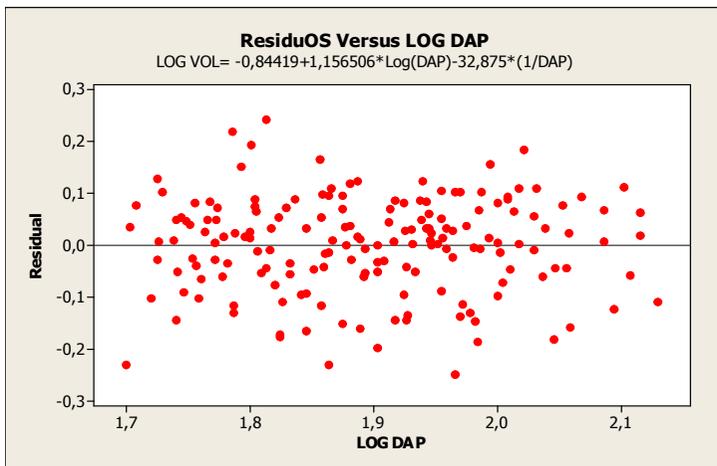


Gráfico do resíduo da equação de Brenac para a espécie muiracatiara

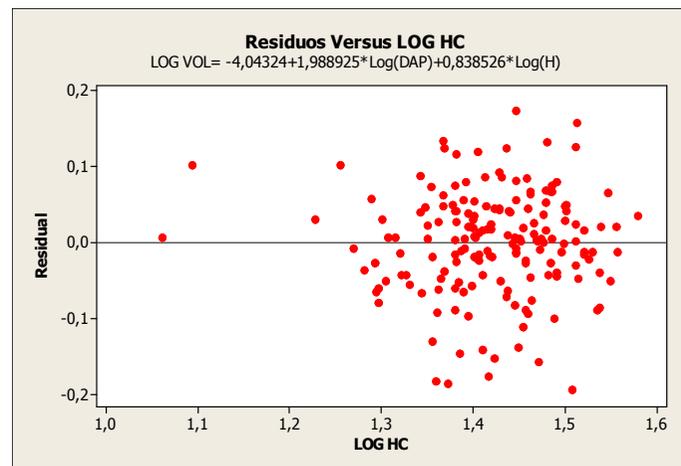
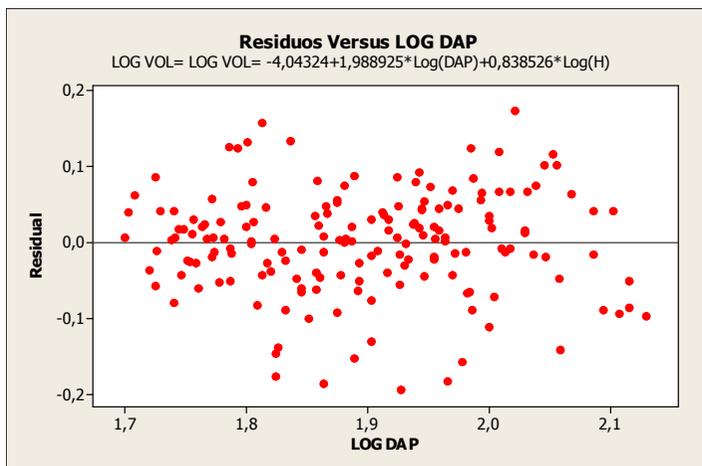


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie muiracatiara

## GRAFICOS PARA A ESPÉCIE PAU-AMARELO

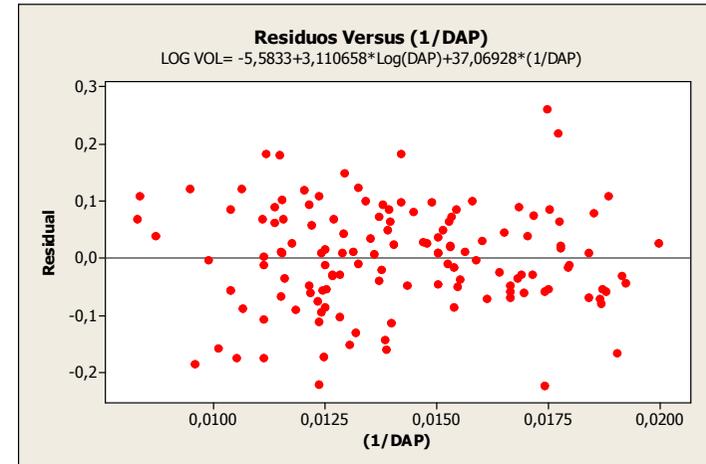
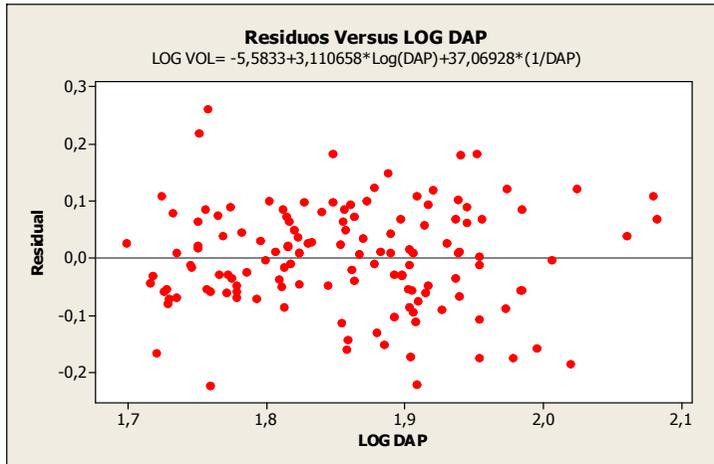


Gráfico do resíduo da equação de Brenac para a espécie muiracatiara

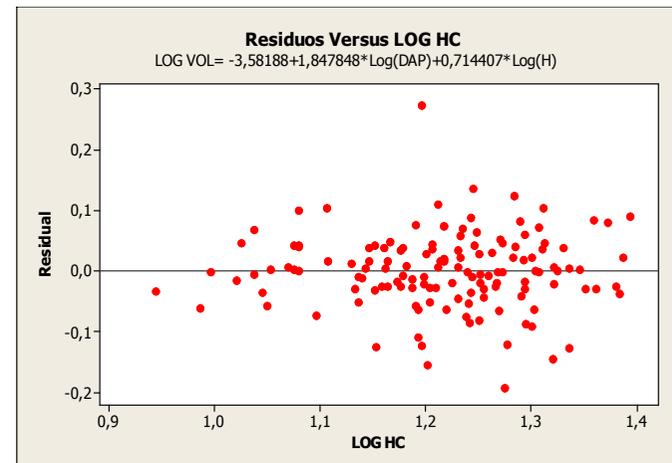
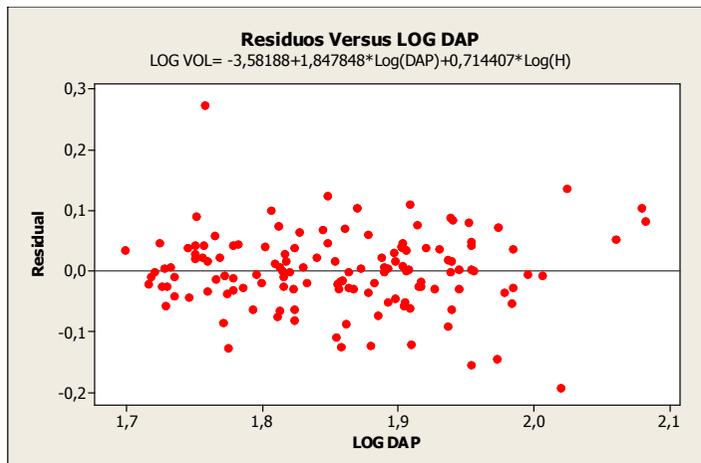


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie Pau-amarelo

## GRÁFICOS PARA A ESPÉCIE PIQUIÁ

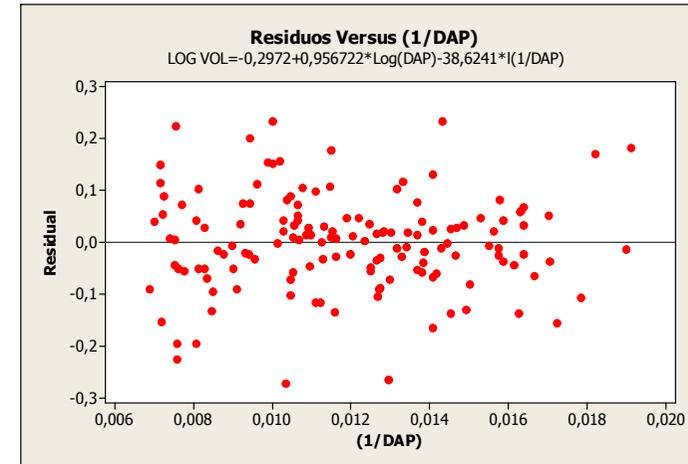
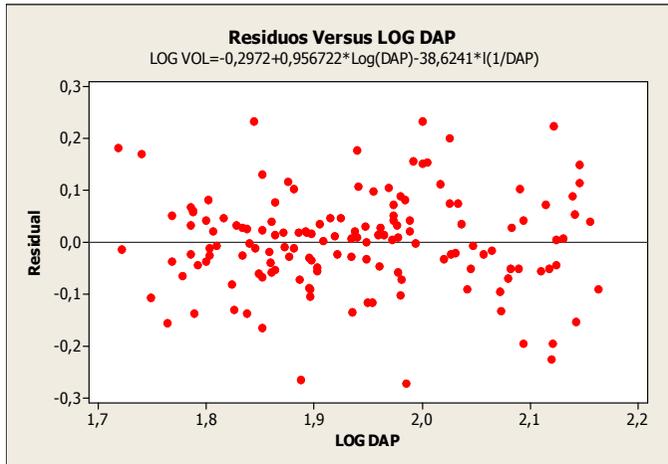


Gráfico do resíduo da equação de Brenac para a espécie Piquiá

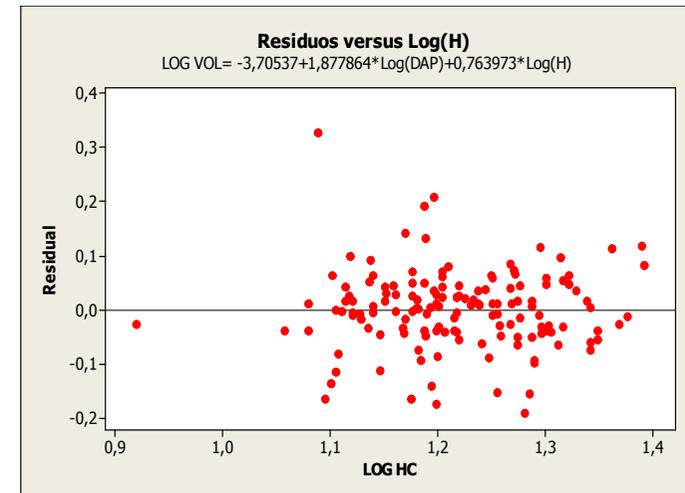
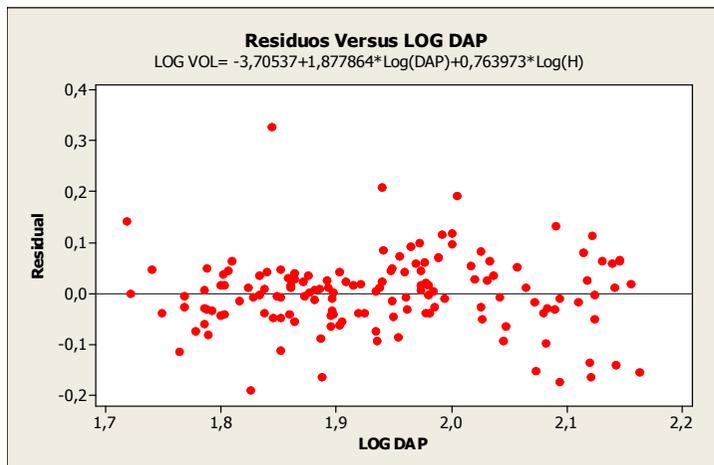


Gráfico do resíduo da equação de Schumacher para a espécie Piquiá

## GRÁFICOS PARA A ESPÉCIE TAUARI

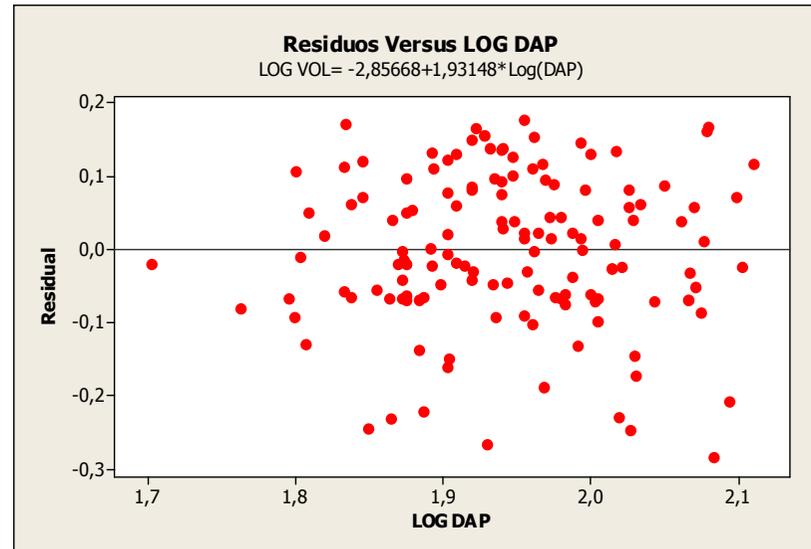


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para a espécie Tauari

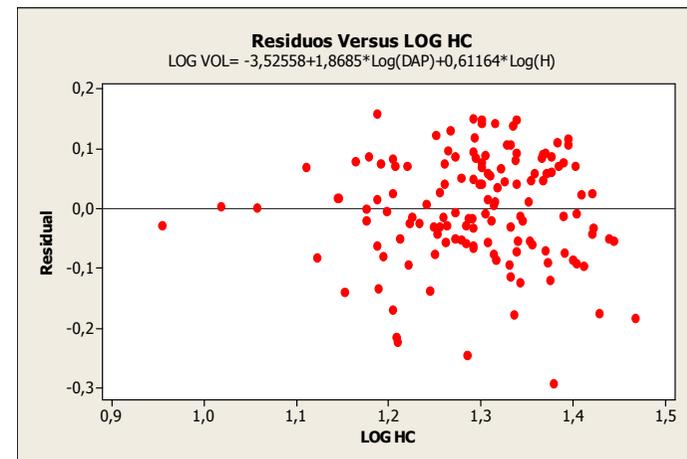
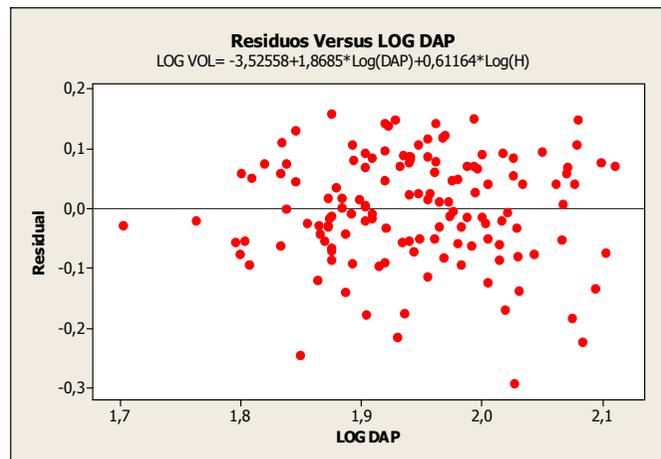


Gráfico do resíduo da equação de Schumacher para a espécie Tauari

## GRÁFICOS PARA A ESPÉCIE TIMBORANA

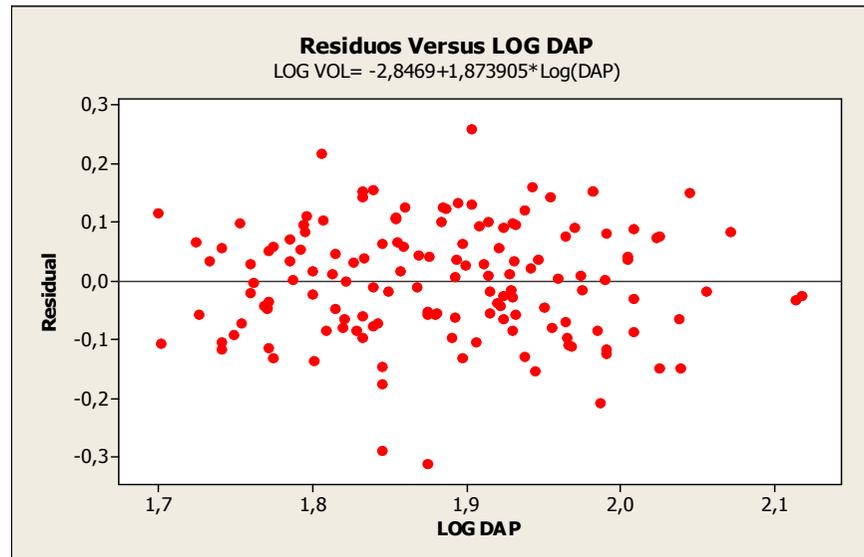


Gráfico do resíduo da equação de B. Husch para a espécie Timborana

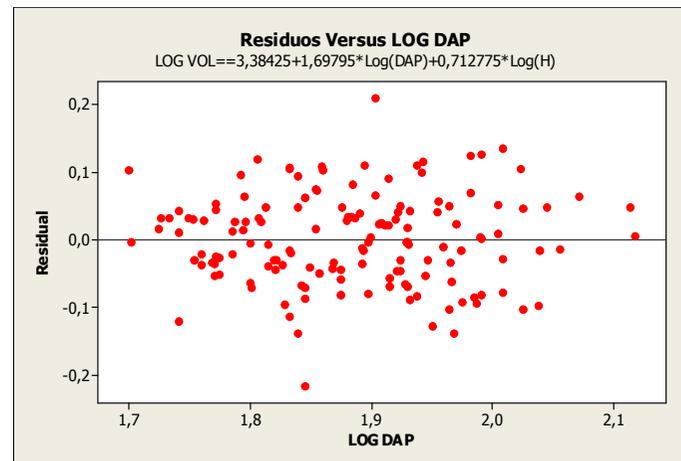
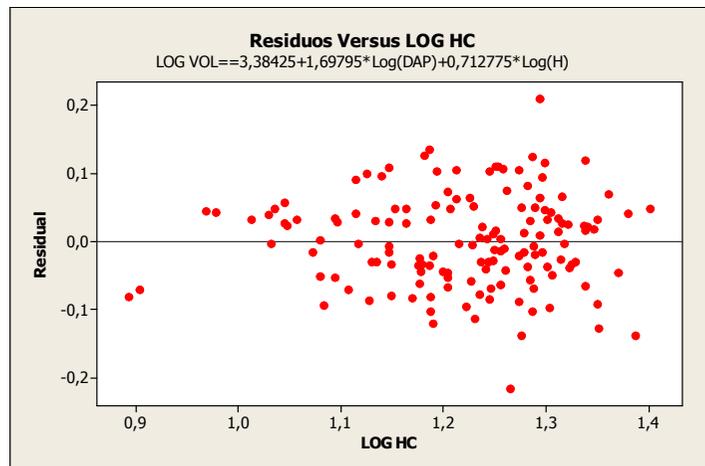


Gráfico do resíduo da equação de Shumacher-Hall para a espécie Timborana.