



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**EQUAÇÃO DE VOLUME PARA *Tibouchina granulosa* Cogn. NA ÁREA DE
IMPLANTAÇÃO DO GASODUTO CABIÚNAS-REDUC (GASDUC III).**

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA MUNIZ

ORIENTADOR: HUGO BARBOSA AMORIM

SEROPÉDICA, RJ
Maio/ 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**EQUAÇÃO DE VOLUME PARA *Tibouchina granulosa* Cogn. NA ÁREA DE
IMPLANTAÇÃO DO GASODUTO CABIUNA-REDUC (GASDUC III).**

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA MUNIZ

ORIENTADOR: HUGO BARBOSA AMORIM

Monografia a ser apresentada ao Departamento de Silvicultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

SEROPÉDICA, RJ
Maio/2009

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA MUNIZ

MONOGRAFIA APROVADA EM: 02 de Julho de 2009

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Hugo Barbosa Amorim
DS / IF - UFRRJ
(Orientador)

Prof. Tokitika Morokawa
DS / IF - UFRRJ
(Membro Titular)

Vanessa Kelya Bloomfield
Engenheira Florestal
(Membro Titular)

**Este trabalho é dedicado à linda e
pequenina princesa, Gaia Muniz. Agradeço
a ti por decidir germinar no solo majestoso
desse planeta, sob minha responsabilidade
É uma grande honra ser seu pai.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a base sólida formada pela grande família terrestre, que á todo momento me deu suporte, carinho e apoio em todos os momentos.

Agradeço, aos meus queridos pais Paulo Roberto e Sonia Maria por todo esforço, amor e paciência dedicada, e por me guiarem pelos caminhos mais bonitos da minha existência.

Agradeço carinhosamente, a minha companheira, amiga e esposa Heloísa, pelo companheirismo, por me compreender e acreditar, pela paciência nos momentos de maior dificuldade, pelo amor dedicado e pela grande alegria que é nossa filha.

Agradeço, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela minha formação profissional.

Agradeço, ao professor e orientador Hugo Barbosa Amorim pela oportunidade de praticar a Engenharia Florestal, ainda na graduação.

Agradeço, ao professor José de Arimatéia Silva pelo conhecimento compartilhado em suas aulas.

Agradeço, ao professor e amigo Tokitita Morokawa pelos seus preciosos ensinamentos.

Agradeço, à engenheira florestal Vanessa Bloomfield pela oportunidade de realizar esse trabalho.

Agradeço, à família Tríplice Aliança pelos momentos majestosos em que estivemos juntos.

Agradeço, a todos os amigos em especial os que fizeram parte direta da minha vida, formação e aprendizado.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar uma equação de volume para ser aplicada a árvores de *Tibouchina granulosa* Cogn, presentes na faixa de servidão da diretriz do eixo do Gasoduto GASDUCIII. A partir da cubagem rigorosa de 30 árvores com um DAP mínimo de 5 cm, foram testados 5 modelos volumétricos. A retirada dos dados discrepantes (outliers) foi baseada nos seguintes critérios: inspeção visual, resíduo padronizado e resíduo studentizado.

Os critérios utilizados para seleção do melhor modelo contemplaram os seguintes itens: significância dos coeficientes, erro padrão; índice de Furnival e distribuição dos resíduos. O modelo logarítmico de Schumacher & Hall foi o que apresentou os melhores resultados.

Palavras chave: equação de volume, dados discrepantes.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine volume equation of *Tibouchina granulosa* Cogn. presents on bracket of served from guideline of the axle of pipeline GASDUCIII. Based on 30 cubed trees, a total of 5 models were tested for minimum DBH at 5 cm. The retired of outliers was based on visual inspection, standard residue and Sudant's residue,. For selection of the best model was based on: significance of the coefficients ($p=0,05$); standard error; Furnival's index; analyses of errors. Statistically, the Schumacher & Hall logarithmic model presented the best results.

Key words: volume equation, outliers.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1. Caracterização da espécie.....	6
3.2. Inventário Florestal.....	7
3.3. Considerações gerais	8
3.4. Estruturação do inventário florestal.....	8
3.4.1. Resultados do levantamento florestal	9
3.4.2. Seleção das árvores-amostra.....	10
3.4.3. Procedimentos e Recomendações para a cubagem das árvores-amostra	11
3.5. Cálculo do volume individual das árvores	11
3.6. Modelos Seleccionados	11
3.7. Critérios para a seleção do melhor modelo	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Volume individual das árvores	13
4.2. Relações dendrométricas das árvores da amostra.....	14
4.2.1 Relação Dap x Altura	14
4.2.2 Relação Dap x Volume total.....	14
4.2.3 Relação Altura x Volume total	15
4.3. Relação entre as variáveis dos modelos	15
4.3.1. Modelo 1	15
4.3.2. Modelo 2.....	16
4.3.3. Modelo 3.....	16
4.3.4. Modelo 4.....	17
4.3.5. Modelo 5.....	17
4.4. Estatísticas dos modelos	18
4.4.1 Modelo 1.....	18
4.4.2 Modelo 2.....	18
4.4.3 Modelo 3.....	19
4.4.4 Modelo 4.....	19
4.4.5 Modelo 5.....	20
4.5. Dados discrepantes (outliers).....	20
4.6. Escolha do melhor modelo.....	21
4.6.1 Avaliação dos coeficientes dos modelos	21
4.6.2. Estatísticas básicas dos modelos.....	21
4.6.3 Distribuição dos resíduos.....	22
4.6.4 Modelo escolhido	27
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos Municípios que o GASDUCIII atravessa.....	05
Figura 2: Bacias hidrográficas atravessadas pelo GASDUCIII.....	06
Figura 3: Indivíduo isolado da espécie estudada.....	07
Figura 4: Frequência das classes diamétricas.....	09
Figura 5: Frequência das classes das alturas.....	10
Figura 6: Relação entre os diâmetros e as alturas das árvores da amostra.....	14
Figura 7: Relação entre o diâmetro e o volume das árvores da amostra.....	14
Figura 8: Relação entre altura total e volume das árvores amostradas.....	15
Figura 9: Relação linear entre as variáveis do modelo 1.....	15
Figura 10: Relação linear entre as variáveis do modelo 2.....	16
Figura 11: Relação linear entre as variáveis do modelo 3.....	16
Figura 12: Relação linear entre as variáveis do modelo 4.....	17
Figura 13: Relação linear entre as variáveis do modelo 5.....	17
Figura 14: Distribuição dos resíduos do modelo 1.....	22
Figura 15: Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 1.....	22
Figura 16: Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 1.....	23
Figura 17: Distribuição dos resíduos do modelo 2.....	23
Figura 18: Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 2.....	23
Figura 19: Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 2.....	24
Figura 20: Distribuição dos resíduos do modelo 3.....	24
Figura 21: Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 3.....	24
Figura 22: Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 3.....	25
Figura 23: Distribuição dos resíduos do modelo 4.....	25
Figura 24: Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 4.....	25

Figura 25: Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 4.....	26
Figura 26: Distribuição dos resíduos do modelo 5.....	26
Figura 27: Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 5.....	26
Figura 28: Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 5.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Numero de árvores utilizadas para a determinação da equação volumétrica...	10
Tabela 2: Modelos utilizados no processamento dos dados.....	11
Tabela 3: Variáveis dendrométricas de interesse.....	13
Tabela 4: Estatística relevante do modelo 1.....	18
Tabela 5: Estatística relevante do modelo 2.....	18
Tabela 6: Estatística relevante do modelo 3.....	19
Tabela 7: Estatística relevante do modelo 4.....	19
Tabela 8: Estatística relevante do modelo 5.....	20
Tabela 9: Análise dos resíduos padronizados.....	20
Tabela 10: Retirada de dado discrepante.....	21
Tabela 11: Estatística relevante do modelo 4.....	21
Tabela 12: Estatísticas básicas dos modelo.....	22

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos países do mundo tem incentivado o uso de fontes alternativas para atender às demandas energéticas. Com isso, o gás natural torna-se, importante no suprimento dessas demandas.

No Brasil, mudanças da política energética nacional, têm estimulado a substituição do petróleo importado e a conservação de energia, a fim de minimizar tanto os impactos sobre a economia brasileira como os ambientais sobre os ecossistemas em geral.

O gás natural é um combustível cujas características permitem reduzir a poluição, se usado em substituição a outros, notadamente óleo, carvão e lenha. Oferece, por isso, uma resposta às preocupações do mundo moderno, relativas à proteção do meio ambiente e à melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos. Sua crescente utilização deverá contribuir para diminuir sensivelmente as taxas de poluição nas cidades, evitando danos ao meio ambiente e à saúde das populações.

A certeza de uma disponibilidade maior estimulará o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a eficiência do uso do gás natural, incluindo-se a substituição de combustíveis usados anteriormente, como o carvão vegetal, aplicado como fonte de energia em vários processos industriais, contribuindo para a conservação de florestas naturais, bem como para a diminuição da poluição atmosférica.

Em vista disso, o uso do gás natural está sendo considerado, cada vez mais, uma alternativa adequada aos problemas de poluição.

O Gasoduto Cabiúnas-REDUC (GASDUC III) interligará o Terminal de Cabiúnas (TECAB), em Cabiúnas, à Estação de Compressão (ECOMP) de Campos Elíseos, em Duque de Caxias, e permitirá a operação bidirecional do sistema, operando inicialmente na transferência do gás proveniente da Bacia de Campos e dos campos de produção do Estado do Espírito Santo para os consumidores do Rio de Janeiro e para o Gasoduto Japeri-REDUC.

Qualquer empreendimento ou atividade que gerem impactos requer licenciamento ambiental para sua implementação.

Segundo ASSUMPÇÃO FILHO (2008) Obras de engenharia de grande porte exigem para consecução dos seus projetos o correto preparo da área para a adequada implantação do duto, necessitando, portanto, da supressão da vegetação existente ao longo da diretriz. A estimativa do volume total das árvores que irão ser suprimidas é uma das informações exigidas, cujo atendimento requer a determinação de uma equação de volume.

Segundo PÉLLICO NETTO (1982), para a estimativa do volume de árvores (total ou parcial), pode-se destacar a existência de quatro processos, quais sejam: utilização de um fator de forma, equações volumétricas, série absoluta de forma e série relativa contínua de forma. O procedimento mais comum utilizado para estimativa de volume por árvore é o emprego de equações em que o volume constitui a variável dependente, estando as variáveis independentes comumente representadas pelo diâmetro à altura do peito e à altura total ou altura comercial. A modelagem do volume individual de árvores em função dessas variáveis independentes começou a ser desenvolvida na primeira metade do século XX, após o desenvolvimento de técnicas de análise de regressão. No entanto, o uso dessas técnicas realmente tomou maior impulso após o surgimento dos computadores, notadamente a partir da década de 50 (MACHADO *et al*, 2002, citado por MOROSINI PEREIRA, 2008).

O empreendimento atende ao artigo 3º, parágrafo 1º do Código Florestal – Lei nº 4.771, o qual dispõe sobre a necessidade de prévia autorização do Poder Executivo Federal para a supressão, total ou parcial, de florestas de preservação permanente, para a execução de

obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social (este empreendimento é enquadrado como de utilidade pública).

A vegetação suprimida por este empreendimento enquadra-se em estágio secundário de regeneração da Mata Atlântica (conforme o artigo 25 da Lei nº 11.428 de 22/12/2006), sendo o órgão ambiental estadual competente para autorizar a sua supressão.

Nos inventários florestais os modelos que têm sido mais utilizados para estimar os volumes dos componentes das árvores, para diferentes condições edafo-climáticas e espécies florestais são o logaritmico de Shumacher e Hall, e a variável combinada de Spurr, principalmente precisão e facilidade de utilização (FERREIRA, MELO e KAJIRA, 1977; PAULA NETO et al., 1983; CAMPOS, TREVIZOL JUNIOR e PAULA NETO, 1985; SILVA et al., 1994; citados por COUTO e VETTORAZZO, 1999).

No Brasil, vários trabalhos foram realizados com o intuito de estimar o volume total por indivíduo, para espécies nativas: (JORGE (1982), SILVA & ARAÚJO (1984), SOUZA & JESUS (1991), BELCHIOR (1996), CAMPOS *et al* (2001), AGUIAR(2006); citados por MOROSINI PEREIRA, 2008)

A alometria de árvores, ou mais especificamente, suas relações entre tamanho e forma, apresentam um relevante efeito estrutural e funcional na floresta. O tamanho, formato e posição da copa de uma árvore relacionam-se com a quantidade de luz interceptada, enquanto as dimensões do tronco correspondem a sua resistência mecânica frente às forças como o vento e a massa da própria copa (king, 1996 citado por FONTES, 1999).

Por possuírem uma geometria particular, as árvores têm em sua base uma forma neilóidica, passando a se assemelhar a um parabolóide na sua porção mediana, assumindo forma de cone na sua porção superior. Esta particularidade geométrica constitui-se num fator negativo por ocasião do ajuste de modelos, que representem o perfil da árvore (Husch, Miller & beers, 1982) citados por (SCOLFORO, 1998).

Os modelos de equações de volume são tradicionalmente aplicados às árvores monopodiais, onde a maior parte do volume de madeira é constituída pelo tronco da árvore (AVERY e BUCKHARTH, 1993 citado por BATISTA *et al*, 2004). Algumas exceções são a sua aplicação em florestas tropicais nativas (FERNANDES et al., 1983; SOUSA e JESUS, 1991), no cerrado (PINHEIRO et al., 1990; BATISTA et al, 2004), e para espécies do semi-árido nordestino (ZAKIA et al., 1990; BATISTA *et al*, 2004).

Segundo GOMES & GARCIA (1993), as equações para a determinação de volume sólido de essências florestais são de uso geral e indispensável na Silvicultura. Como todas elas são empíricas faz-se necessário ajustá-las com frequência para adaptá-las a diferentes espécies, idades, distribuição e regiões.

Devido à existência de inúmeros modelos de equação de volume a recomendação adotada no presente estudo opta à simplicidade do modelo. É certo que a adoção de modelos de maior sofisticação estatística e com maior número de variáveis independentes poderia supor resultados estatísticos mais robustos, contudo deve ser levado em consideração que a coleta realizada com maior grau de precisão em um levantamento florestal é o CAP ou DAP (circunferência a altura do peito, a 1,30m do solo).

A seguir são apresentados na seqüência alguns modelos que apresentam as características acima, bem como aqueles que utilizam também a altura como variável independente:

$$V = \beta_0 + \beta_1 D$$

$$V = \beta_0 + \beta_1 . D^2 \text{ (KOPEZKY-GEHRHARDT)}$$

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 . \ln D \text{ (HUSCH)}$$

$$V = \beta_0 + \beta_1 . D^2 H \text{ (SPURR)}$$

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln D + \beta_2 \cdot \ln H \text{ (LOG DE SCHUMACHER \& HALL)}$$

$$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 \cdot D^2 \text{ (HOHENALD-KRENN)}$$

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln D + \beta_2 \cdot \left(\frac{1}{D}\right) \text{ (BRENAC)}$$

$$V = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} \cdot H^{\beta_2} \text{ (SHUMACHER-HALL)}$$

Onde:

V = volume total da árvore (fuste + galhos), em m³

D = diâmetro à altura do peito, em cm ($DAP = CAP/\pi$);

H = altura total da árvore, em m

β = coeficientes da equação

A determinação do melhor modelo deverá seguir a rotina para a seleção da determinação do melhor modelo volumétrico, contemplando:

- (a) relação linear entre as variáveis envolvidas nos modelos;
- (b) significância dos coeficientes, no nível de 95%;
- (c) erro padrão;
- (d) existência de dados discrepantes (*out-liers*);
- (e) distribuição dos resíduos.

2. OBJETIVO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de testar modelos matemáticos, encontrados na literatura florestal para estimar o volume total da espécie *Tibouchina granulosa* Cogn., presente na faixa de servidão do gasoduto Cabiúnas-Reduc, estado do Rio de Janeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se ao norte do estado do Rio de Janeiro, compõe-se pela faixa de servidão da diretriz do eixo do GASDUCIII, atravessando oito municípios: Macaé (23,94Km), Rio das Ostras (15,76km), Casimiro de Abreu (26,79km), Silva Jardim (35,00km), Cachoeiras de Macacu (36,87km), Guapimirim (12,36km), Magé (25,60km) e Duque de Caxias (2,33km); onde será instalado o Gasoduto Macaé – Duque de Caxias, conforme mostra a Figura 1.

Situada sobre as regiões de Planícies Costeiras, de Tabuleiros Costeiros e de Colinas e Maciços Costeiros, a área de estudo abrange um complexo de ambientes com depósitos fluviolagunares e depósitos praias marinhos e/ou lagunares, havendo, também, rochas muito antigas, formadas há milhões de anos, em função de vários eventos geológicos.

O clima da Região Sudeste é classificado de acordo com Köppen como subtropical úmido, com inverno moderadamente seco e verão quente e úmido. As temperaturas médias no verão são muito mais altas do que as de outono e primavera e estas, muito mais elevadas do que as de inverno. A maior temperatura média registrada em um mês é de 26,2°C (em janeiro) e a menor, de 19,0°C (em julho).

As chuvas estão associadas, basicamente, às frentes frias e linhas de instabilidade, que também promovem a intensificação dos ventos regionais e locais. O período “chuvoso” ocorre em janeiro e o “seco”, em julho.

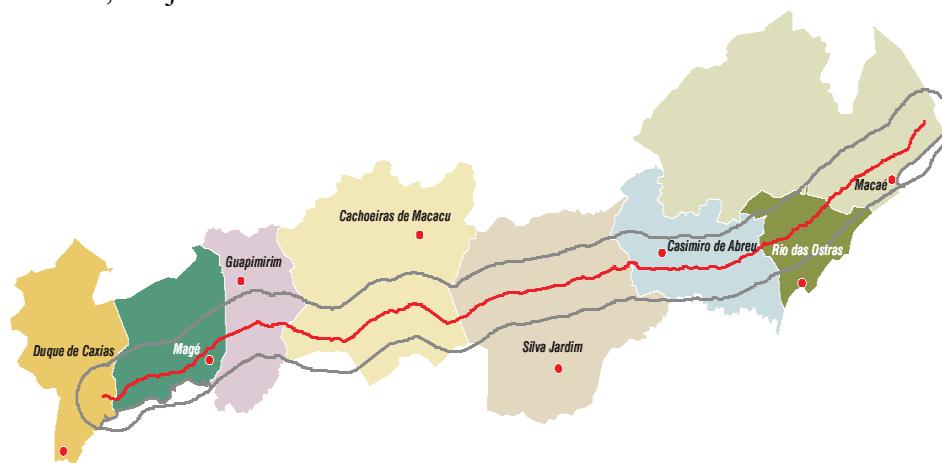


Figura 1 – Localização dos municípios que o GASDUCIII atravessa

A área de estudo atravessa, ao longo de seu traçado, as bacias dos rios Estrela, Suruí, Iriri, Roncador e Guapi-Macacu, que desembocam na baía de Guanabara, e as bacias dos rios São João, das Ostras, Macaé e da lagoa de Imboassica, que deságuam no oceano Atlântico. Conforme mostra a figura 2.

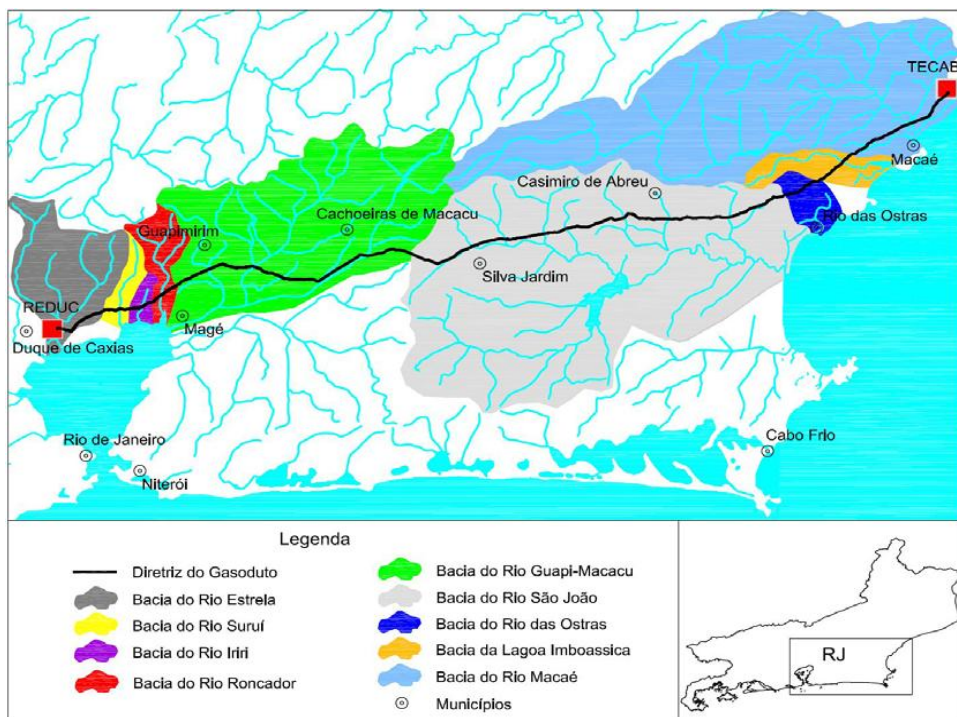


Figura 2 – Bacias hidrográficas atravessadas pelo GASDUCIII

A vegetação foi classificada, de acordo com o sistema de classificação do IBGE (IBGE, 1993; VELOSO *et al.*, 1991), Floresta Ombrófila densa, bem como uma grande área de manguezal. Os manguezais ocorrem na desembocadura dos rios que deságuam na baía de Guanabara, em Magé e Duque de Caxias, e na foz do rio Macaé e adjacências, formando faixas mais ou menos contínuas.

As restingas estão restritas à sua porção norte, em Macaé, ocupando uma pequena área (menos de 1%).

Ocorrem também vários brejos, nas regiões de planícies inundáveis, em locais de solos alagadiços, em trechos úmidos e mal drenados, ou em depressões no terreno, com vegetação de pequeno porte, como moitas e gramas.

Há pastagens e culturas em praticamente todos os oito municípios atravessados, sendo esse o tipo predominante na região, em cerca de 70% da área total analisada.

3.1. Caracterização da espécie

Tibouchina granulosa Cogn. (Figura 2) é uma árvore pioneira, nativa do Brasil, endêmica do bioma Mata Atlântica, principalmente da floresta ombrófila densa da encosta atlântica, de pequeno a médio porte conhecida popularmente como quaresmeira. Também é conhecida como flor-de-quaresma, manacá-da-serra, jacatirão, flor-de-maio e pau-de-flor.

Sinonímia botânica: *Melastoma granulosa* Desr., *Pleroma granulosa* Don, *Lasiandra fontanesiana* DC., *Melastoma fontanesii* Spreng.

Árvore de 8 a 12 m de altura, com tronco de 30-40 cm de diâmetro. Perenifólia, ou seja, apresenta folhas o ano inteiro, ou semidecídua, heliófita, característica da floresta pluvial

atlântica. Ocorre naturalmente na Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, predominantemente nas formações secundárias como capoeiras e capoeirões. As folhas rijas são pubescentes nas duas faces, com nervuras nítidas. Seu fruto, deiscente, incomestível, é marrom e arredondado e mede menos de 12 mm. Amadurece de junho a agosto, e em abril-maio.

A semente é minúscula: 1 kg contém mais de 3 milhões de unidades. A dispersão é anemocórica, e a taxa de germinação é baixa.

Por ser planta rústica suporta clima seco e quente, e solos pobres. Pelo mesmo motivo é usada na revegetação de áreas degradadas.



Figura 3-Indivíduo florido da espécie estudada.

3.2. Inventário Florestal

Foi realizado um inventário florestal na área do empreendimento, com a finalidade de obter informações visando à obtenção da licença de instalação (LI), como parte do processo de implantação do Gasoduto Cabiúnas-REDUC (GASDUC III). Dentre as exigências desse processo, emerge aquela que prevê a obtenção da autorização do Instituto Estadual de Florestas do Estado do Rio de Janeiro para a supressão da vegetação existente na área onde será implantado o empreendimento.

Visando orientar o processo, o Instituto Estadual de Florestas do Estado do Rio de Janeiro emitiu, em 15 de fevereiro de 2008:

Termo de Referência e Instrução Técnica para apresentação de documentos, Estudos e Projetos referente a solicitação de Autorização de Supressão de Vegetação (ASV) do Projeto Gasoduto Cabiúnas-REDUC (GASDUC III).

Processo: IEF/RJ: E07/310.699/2007

3.3. Considerações gerais

Com base no resultado do mapeamento, a área com vegetação a ser suprimida considerada como a população para a realização do inventário florestal, foi composta de vegetação secundária, totalizando 59,25ha, que corresponde a 12,56% da área total.

O inventário florestal foi realizado obedecendo ao disposto no termo de referência.

- (a) variável de controle: volume /unidade de área;
- (b) processo de amostragem: censitário;

Também foram mensuradas unidades de amostra, entretanto devido a pouca representatividade estas foram descartadas. Foram utilizados tão somente os resultados dos censos para as extrapolações.

Nas áreas de censo, foram coletadas as seguintes informações:

- (a) Nome vulgar ou regionalizado da árvore. Quando houve dúvida na identificação da árvore, foi coletada exsicata para posterior identificação botânica;
- (b) Diâmetro a Altura do Peito (DAP) mínimo de 5 cm. Quando a árvore apresentou bifurcação abaixo de 1,30, os fustes com DAP iguais ou maiores que o limite estabelecido, foram mensurados;
- (c) Alturas total e comercial, sendo esta última definida como aquela onde a árvore apresenta bifurcação significativa do fuste. Não havendo bifurcação significativa a altura comercial foi definida por um diâmetro mínimo de utilização (5 cm);
- (d) Presença e quantidade de epífitas, cipós e serrapilheira.

As áreas de censo foram demarcadas a partir do TR emitido pelo IEF, nelas as árvores mensuradas foram numeradas e essa numeração permaneceu no local para facilitar sua localização.

3.4. Estruturação do inventário florestal

- **CENSO**

Realizado em 27 áreas alocadas de acordo com o Termo de Referência. Esses fragmentos apresentam uma área de 21,1143 ha e as cópias reprográficas das fichas de campo do censo encontram-se no Anexo V. Os dados paramétricos verificados nesses levantamentos foram extrapolados para o restante da área.

- **AMOSTRAGEM**

Realizado em 21 pontos onde foram alocados de acordo com o Termo de Referência. Essas unidades amostrais não foram utilizadas para o processamento do inventário pois os dados não foram suficientes para estimar as variáveis de interesse para o restante da população.

3.4.1. Resultados do levantamento florestal

Mensuração de 26.127 fustes, dos quais 625 (2,6%) não foram identificados aparecendo nas tabelas como indeterminados. Os demais 25.452 fustes dividem-se em 222 espécies diferentes, sendo que 88 espécies (21,4%) foram identificadas até o nível de gênero.

- Distribuição dos diâmetros apresentando o comportamento esperado, na forma de “J” invertido, destacando-se o fato de que 63,1% dos fustes encontram-se na classe de diâmetro de > 10 cm, conforme mostra a Figura 3;

- Distribuição das alturas apresentando também um comportamento esperado (distribuição normal com assimetria à direita), sendo que a maior parte das alturas (32,6%) situam-se na classe de 5 a 7 m, conforme mostra a Figura 4.

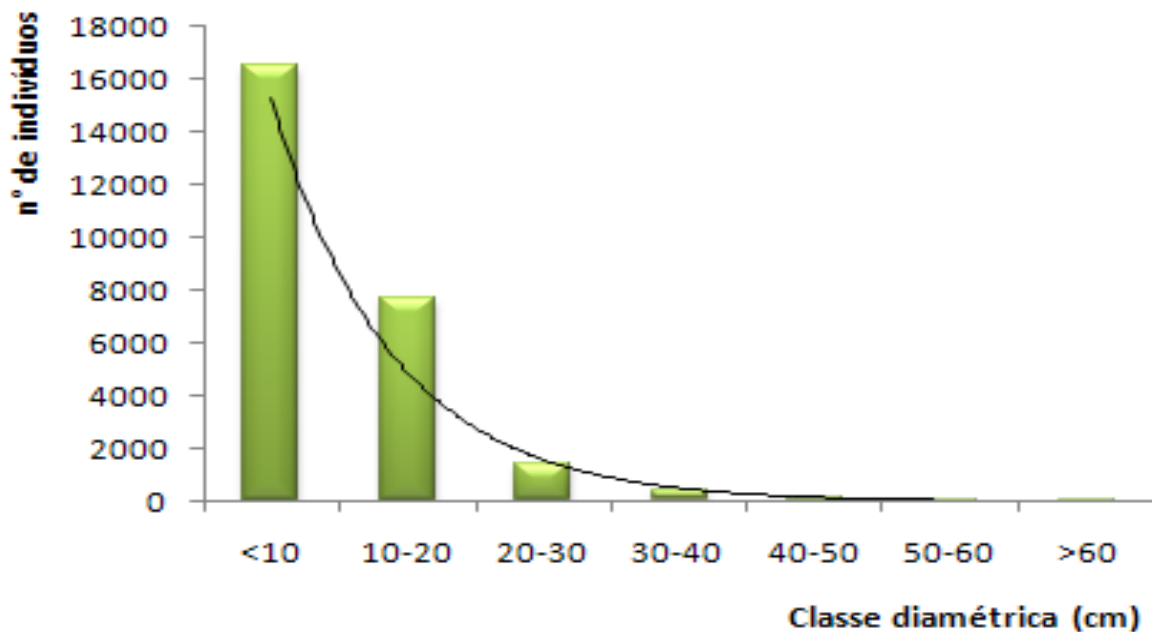


Figura 4- Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados em 21,1 ha.

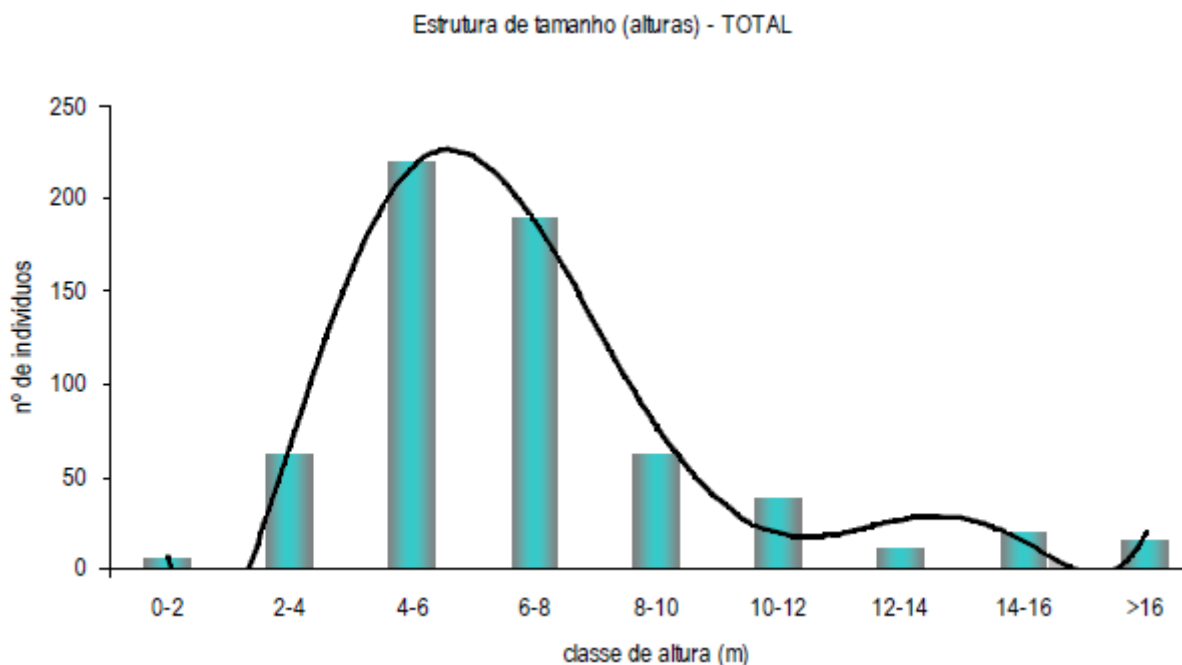


Figura 5 – distribuição das alturas dos indivíduos na área de influência direta do GASDUCIII.

3.4.2. Seleção das árvores-amostra

As árvores foram selecionadas seguindo as orientações do memorial descritivo do Plano de Estudo Equação Volumétrica e Fator de Empilhamento, do, GASDUCIII (TECNOSOLO 2009).

As árvores-amostra foram selecionadas em número igual por classe de diâmetro, para que a estimativa da variância dos dados ao longo da amplitude de variação dos diâmetros fosse a mais homogênea possível (Tabela 1). Procurou-se distribuí-las de forma a contemplar suas ocorrências nos fragmentos mais significativos.

Critérios para a seleção:

30 árvores-amostra para a determinação de uma equação de volume.

Tabela 1 – Número de árvores utilizadas para a determinação da equação volumétrica.

<i>Tibouchina granulosa Cogn.</i>		
Classe de diâmetro (cm)	Número de árvores do levantamento	Número de árvores a serem cubadas
<10	1569	22
10-20	549	8
20-30	33	0
30-40	3	0
40-50	0	0
Total geral	2154	30

3.4.3. Procedimentos e Recomendações para a cubagem das árvores-amostra

A cubagem rigorosa foi efetuada a partir da árvore abatida, utilizando-se a coleta dos dados para o cálculo do volume utilizando a fórmula de Smalian. Essa divide a árvore em seções de 1 metro de comprimento e a mensuração das circunferências na extremidade das mesmas. Na primeira seção da árvore-amostra mensurou-se a circunferência na altura do toco e impreterivelmente a altura de 1,30m do solo (CAP – Circunferência a altura do Peito).

No caso dos galhos, nem sempre é possível dividir a tora em comprimentos de 1 metro. Nesse caso, anota-se o comprimento que a tora apresenta ou utilizam-se seções menores de até 20 cm. O diâmetro mínimo para determinação da ponta do fuste ou dos galhos foi de 5 cm (15,7 cm de circunferência). O mesmo apontado como critério de inclusão para o levantamento florestal.

3.5. Cálculo do volume individual das árvores

O volume individual das árvores foi calculado com o emprego da fórmula de Smalian, para o fuste, do cilindro para o toco e do cone para a ponta.

3.6. Modelos Selecionados

Para determinação da equação de volume foram selecionadas 5 modelos (Tabela 2), suas variáveis estão relacionadas diretamente ao volume dos fustes ou seja, o diâmetro na forma simples ou elevado a uma potência e a altura, na forma simples ou também elevada a uma potência. Vale ressaltar que uma das dificuldades encontradas em inventários de nativa Os modelos selecionados são apresentados a seguir e costumam estar presentes em trabalhos similares.

1. $V = b_0 + b_1.DAP$
2. $V = b_0 + b_1.DAP^2$ - Kopezky-Gehrhardt
3. $\ln V = b_0 + b_1.LnDAP$ - Husch
4. $V = b_0 + b_1.Dap^2 H$ - Spurr
5. $\ln V = b_0 + b_1.LnDap + b_2.LnH$ - Log de Schumacher & Hall

Onde:

V = volume total da árvore (fuste + galhos), em m³;

D = diâmetro à altura do peito, em cm;

H = altura total da árvore, em m.

Tabela 2 – Modelos selecionados na forma linearizada e seus correspondentes modelos genéricos.

Modelo	Forma linear	Modelos genéricos
1	$V = b_0 + b_1.D$	$Y = b_0 + b_1.X_1 + \xi$
2	$V = b_0 + b_1.D^2$	$Y = b_0 + b_1.X_1 + \xi$
3	$\ln(V) = b_0 + b_1.LN(D)$	$Y = b_0 + b_1.X_1 + \xi$
4	$V = b_0 + b_1.D^2H$	$Y = b_0 + b_1.X_1 + \xi$
5	$\ln(V) = b_0 + b_1.LN(D) + b_2.LN(H)$	$Y = b_0 + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \xi$

3.7. Critérios para a seleção do melhor modelo

A determinação do melhor modelo contemplou os seguintes itens:

- a) Relação linear entre as variáveis envolvidas nos modelos, avaliada pelo coeficiente de correlação;
- b) Significância dos coeficientes, no nível de 95%;
- c) Coeficiente de determinação corrigido;
- d) Erro padrão;
- e) Índice de Furnival;
- f) Existência de dados discrepantes;
- g) Distribuição dos resíduos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Volume individual das árvores

A Tabela 3 mostra as variáveis dendrométricas de interesse das árvores selecionadas para a determinação da equação volumétrica.

Tabela 3 – Mostra as variáveis dendrométricas de interesse das árvores selecionadas para a determinação da equação volumétrica

ORDEM	DAP (cm)	Ht (m)	Vol total (m ³)
1	7,64	7	0,01874129
2	8,75	9,5	0,025465819
3	15,44	13,4	0,158286687
4	18,14	11,5	0,136700
5	10,19	7	0,031003283
6	16,55	13,6	0,155583771
7	16,55	9,9	0,091474602
8	6,68	9,1	0,016498399
9	12,25	10,5	0,079814811
10	14,80	11,9	0,09731403
11	6,05	9,2	0,015143924
12	6,05	8,9	0,015040971
13	9,39	7,5	0,031283462
14	9,39	8,5	0,027898602
15	7,32	5,5	0,013436258
16	7,96	7,2	0,015287926
17	19,42	7,4	0,086316755
18	14,32	10,4	0,08407781
19	8,44	9,8	0,027643224
20	6,37	6,8	0,009953749
21	6,05	6,5	0,009557486
22	10,98	7,8	0,049028343
23	6,84	7,6	0,015295022
24	9,07	9,1	0,027809342
25	11,78	8,9	0,070563002
26	8,91	6,7	0,022583291
27	6,21	8,3	0,013100
28	6,05	6,4	0,010148913
29	8,59	7,8	0,02093302
30	8,91	6,5	0,022583456
31	8,44	6,2	0,016879376
32	10,50	7,4	0,026925303
33	8,59	10,1	0,032903759

4.2. Relações dendrométricas das árvores da amostra

4.2.1 Relação Dap x Altura

A figura 5 mostra a relação entre os diâmetros e as alturas das árvores selecionadas para a equação volumétrica. A maioria dos diâmetros se agrupa na classe de menor valor como mostrada por essa figura. A dispersão das alturas em torno dos diâmetros foi ocasionada pela diferença de estádios sucessionais onde foram alocadas as unidades amostrais.

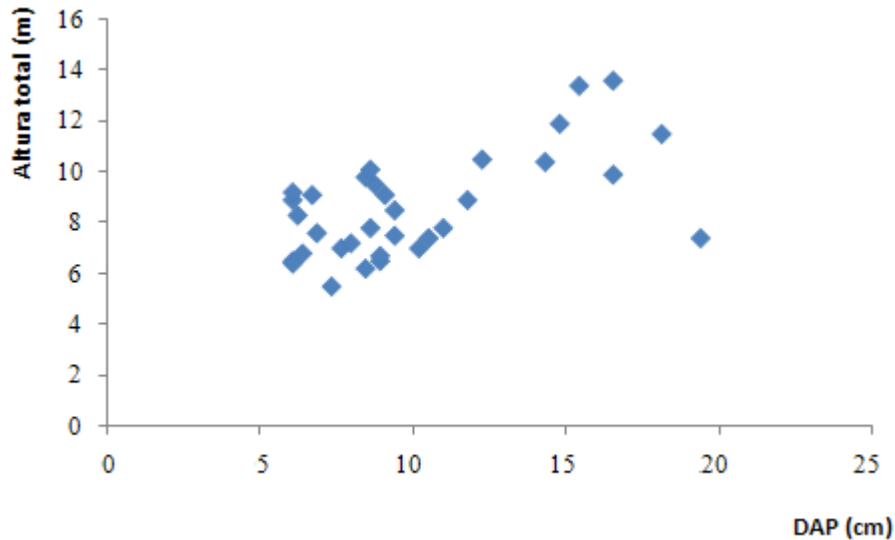


Figura 6 – Relação entre os diâmetros e as alturas das árvores da amostra

4.2.2 Relação Dap x Volume total

A Figura 6 mostra a relação existente ente o Dap e o volume total das árvores, que apresenta também um comportamento esperado, ou seja, a existência de uma boa relação entre essas variáveis.

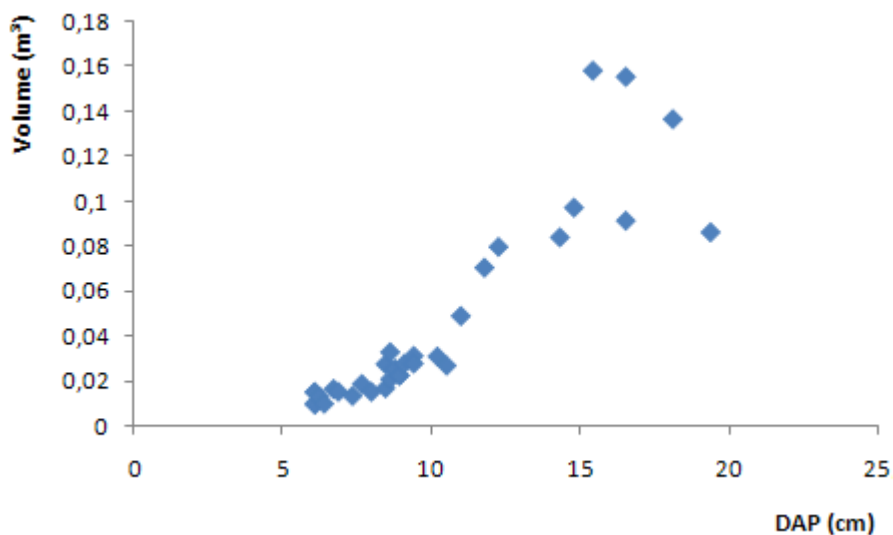


Figura 7 – Relação entre o diâmetro e o volume das árvores da amostra

4.2.3 Relação Altura x Volume total

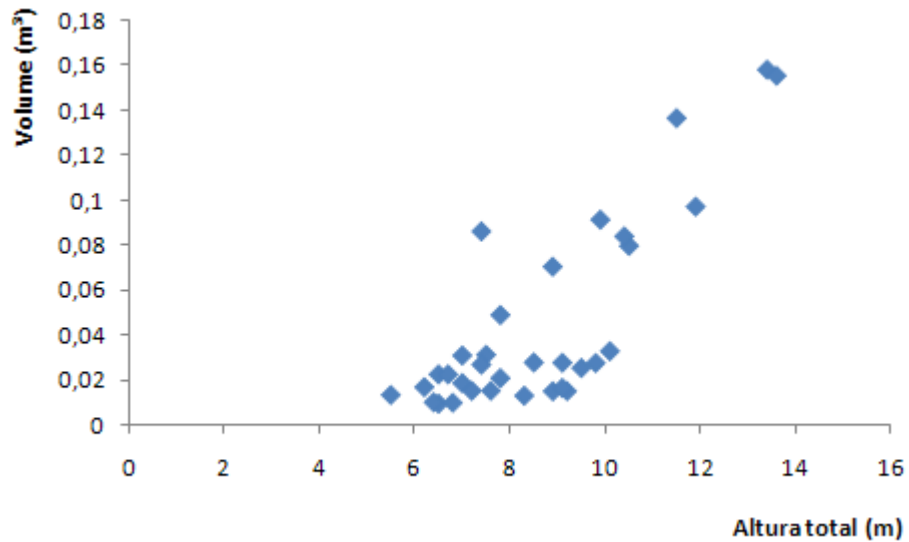


Figura 8 - Relação entre altura total e volume das árvores amostradas.

4.3. Relação entre as variáveis dos modelos

4.3.1. Modelo 1

Equação: $V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}$

Variáveis: Y= Volume; X= Diâmetro à altura do peito

A figura 9 mostra a relação linear existente entre as variáveis do modelo 1. Verifica-se que a relação é mais forte para os menores diâmetros e mais fraca para os maiores diâmetros, fruto da diferença de volume existente entre as copas das árvores de diferentes tamanhos e espécies.

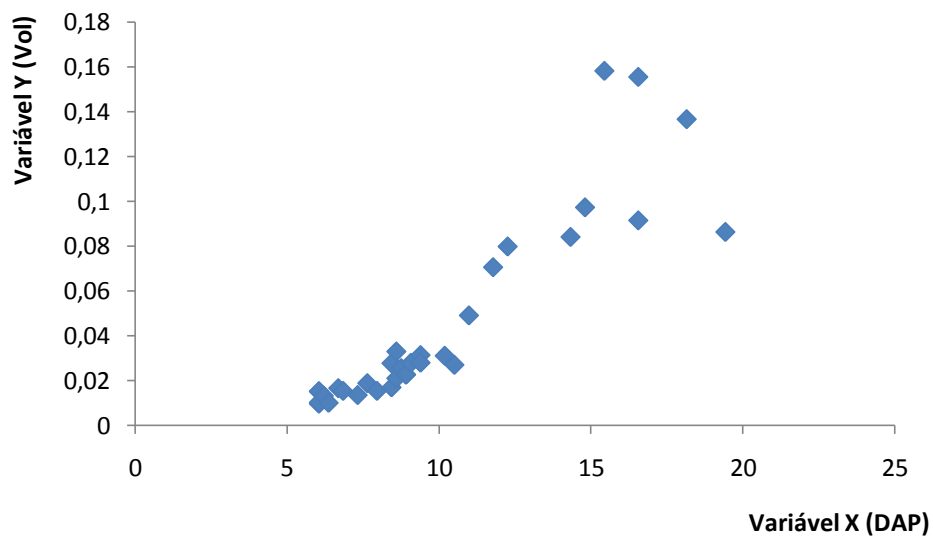


Figura 9 – Relação linear entre as variáveis do modelo 1

4.3.2. Modelo 2

Equação: $V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2$

Variáveis: Y= Volume; X= DAP^2

A figura 10 mostra a relação linear existente entre as variáveis do modelo 2. Verifica-se que a relação é mais forte para os menores diâmetros e mais fraca para os maiores diâmetros, fruto da diferença de volume existente entre as copas das árvores de diferentes tamanhos e espécies.

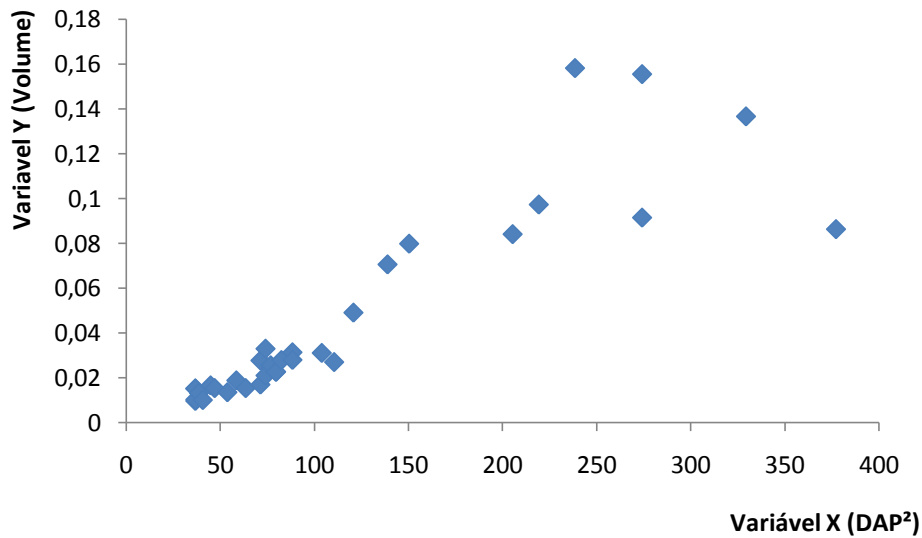


Figura 10 – Relação linear entre as variáveis do modelo2.

4.3.3. Modelo 3

Equação: $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln \text{DAP}$

Variáveis: Y= $\ln(\text{Volume})$; X= $\ln(\text{DAP})$

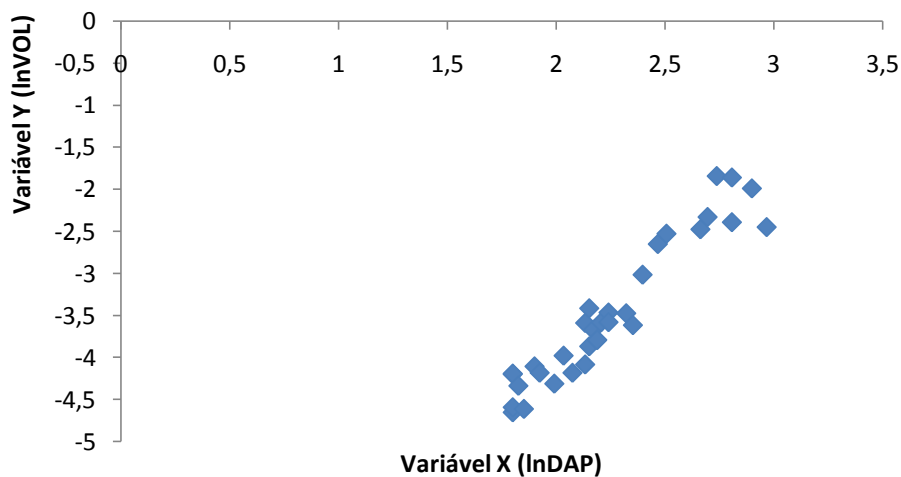


Figura 11 – Relação linear entre as variáveis do modelo3.

4.3.4. Modelo 4

Equação: $V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2 \cdot H$

Variáveis: Y= Volume; X= $\text{DAP}^2 \times \text{Altura}$

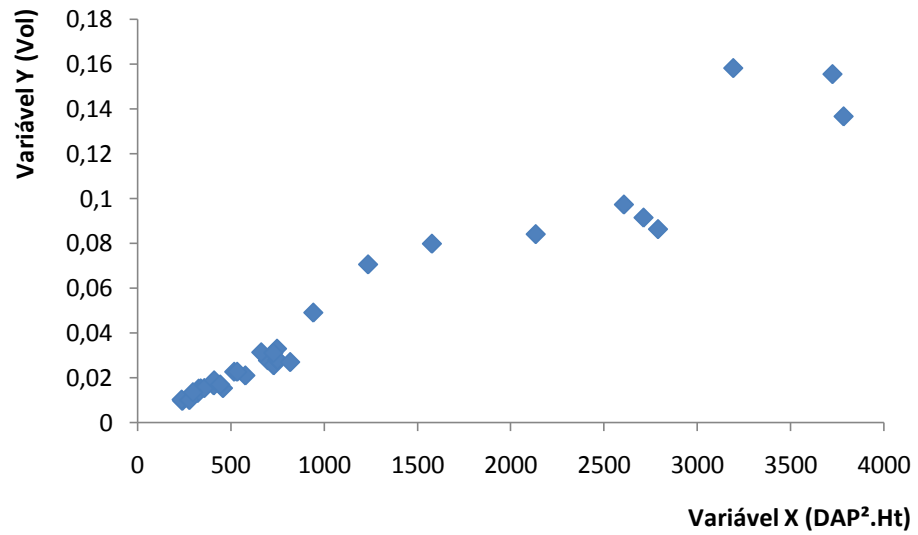


Figura 12 – Relação linear entre as variáveis do modelo4.

4.3.5. Modelo 5

Equação: $\ln V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln \text{DAP} + \beta_2 \cdot \ln H$

Variáveis: Y= $\ln(\text{Volume})$; X1= $\ln(\text{DAP})$; X2= $\ln(\text{altura})$

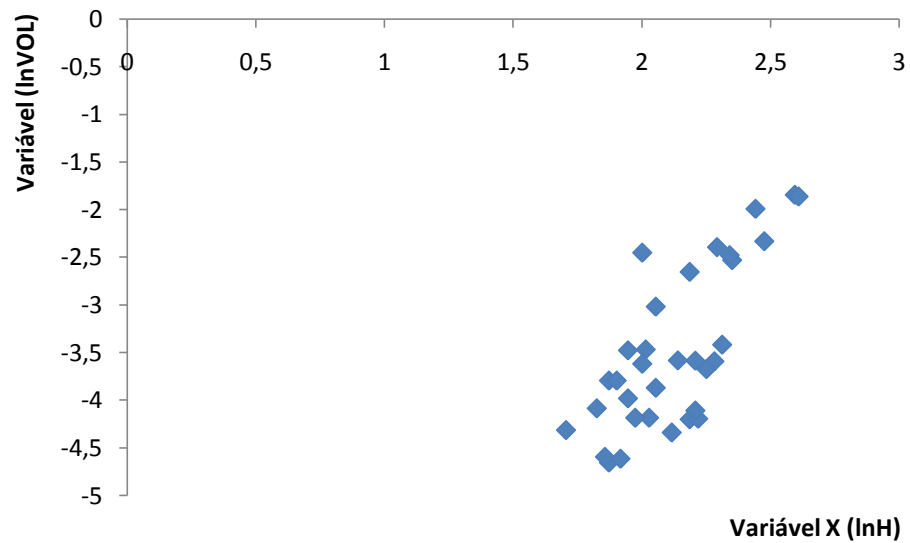


Figura 13 – Relação linear entre as variáveis Y e X₂ do modelo5.

4.4. Estatísticas dos modelos

As Tabelas 4 a 8 mostram as estatísticas relevantes dos modelos, cuja avaliação será efetuada nos itens subseqüentes

4.4.1 Modelo 1

Tabela 4 – Estatísticas relevantes do modelo 1.

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,901520816			
R-Quadrado	0,812739781			
R-quadrado ajustado	0,806699129			
Erro padrão	0,018838965			
Observações	33			

ANOVA				
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
Regressão	1	0,047750921	0,047750921	134,5450377
Resíduo	31	0,011002104	0,000354907	
Total	32	0,058753026		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-0,05757378	0,009407752	-6,11982378	8,72955E-07
Variável X 1	0,010146926	0,000874784	11,59935505	8,27376E-13

4.4.2 Modelo 2

Tabela 5 – Estatísticas relevantes do modelo 2.

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,888411771			
R-Quadrado	0,789275475			
R-quadrado ajustado	0,78247791			
Erro padrão	0,019984432			
Observações	33			

ANOVA				
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
Regressão	1	0,046372322	0,046372322	116,1114958
Resíduo	31	0,012380703	0,000399378	
Total	32	0,058753026		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-0,0032089	0,005645751	-0,56837473	0,573875099
Variável X 1	0,00041428	3,84465E-05	10,77550443	5,2273E-12

4.4.3 Modelo 3

Tabela 6 - Estatísticas relevantes do modelo 3.

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,954437481			
R-Quadrado	0,910950905			
R-quadrado ajustado	0,908078353			
Erro padrão	0,255008134			
Observações	33			

ANOVA				
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
Regressão	1	20,62221066	20,62221066	317,1225711
Resíduo	31	2,015903593	0,065029148	
Total	32	22,63811425		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-8,65251574	0,293938765	-29,4364567	3,19121E-24
Variável X 1	2,301132689	0,129219509	17,80793562	7,78018E-18

4.4.4 Modelo 4

Tabela 7 - Estatísticas relevantes do modelo 4

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,973197774			
R-Quadrado	0,947113907			
R-quadrado ajustado	0,945407904			
Erro padrão	0,010011635			
Observações	33			

ANOVA				
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
Regressão	1	0,055645808	0,055645808	555,1654384
Resíduo	31	0,003107218	0,000100233	
Total	32	0,058753026		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	0,001798065	0,002520624	0,713341164	0,480970751
Variável X 1	3,9016E-05	1,65589E-06	23,56194895	2,37475E-21

4.4.5 Modelo 5

Tabela 8 - Estatísticas relevantes do modelo 3

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,98648358
R-Quadrado	0,973149854
R-quadrado ajustado	0,971359845
Erro padrão	0,14234192
Observações	33

ANOVA				
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
Regressão	2	22,03027758	11,01513879	543,6561875
Resíduo	30	0,607836665	0,020261222	
Total	32	22,63811425		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-10,1246454	0,241047627	-42,0026762	3,24981E-28
Variável X 1	1,880321283	0,088037634	21,35815333	1,06584E-19
Variável X 2	1,137028581	0,136393148	8,336405468	2,64093E-09

4.5. Dados discrepantes (outliers)

Utilizando como referência os resíduos padronizados e os limites de -2 e +2, abaixo ou acima dos quais os dados seriam considerados discrepantes, verifica-se que quando se analisa individualmente cada modelo, eles apresentam dados discrepantes, a árvore 33 apresentou-se como discrepante nos modelos 1, 2, 3 e 4 conforme mostra a Tabela 9. Entretanto, nenhuma árvore apresentou-se como discrepante para todos os cinco modelos testados. Indicando que o tipo de modelo, influencia a análise efetuada.

Tabela 9 – Análise dos resíduos padronizados.

	mod 1	mod 2	mod 3	mod 4	mod 5
R ² ajust.	0,806	R ² ajust. 0,7824	R ² ajust. 0,9080	R ² ajust. 0,9454	R ² ajust. 0,9714
Erro pad.	0,0188	Erro pad. 0,0199	Erro pad. 0,2550	Erro pad. 0,0100	Erro pad. 0,1423
29	3,1933	29 3,1906	29 2,0373	29 3,2357	
30	2,4379	30 2,3025			
33	-2,8654	33 -3,3892	33 -2,4809	33 -2,4693	33 2,4883
				25 2,0904	

A Tabela 10 mostra os valores das estatísticas dos modelos após a retirada do dado discrepante. Verifica-se que não houve melhoria significativa no desempenho das estatísticas e, dessa forma, optou-se por manter o conjunto original dos dados, tendo em vista que a retirada de dados discrepantes é uma opção que pode ou não ser exercida.

Tabela 10 – Retirada do dado discrepante de maior valor

	mod 1	mod 2	mod 3	mod 4	mod 5
R ² ajust.	0,8042	R ² ajust. 0,7797	R ² ajust. 0,90692	R ² ajust. 0,94471	R ² ajust. 0,97159
Erro pad.	0,0191	Erro pad. 0,0203	Erro pad. 0,25922	Erro pad. 0,01017	Erro pad. 0,14319
28	3,1431	28 3,1405	28 2,00519	28 3,18435	
29	2,3999	29 2,2671			
32	-2,8192	32 -3,3336	32 -2,4417	32 -2,43103	24 2,54838
				24 2,060808	

4.6. Escolha do melhor modelo

Estabelecido que os modelos serão avaliados a partir do processamento utilizando o conjunto original dos dados, a escolha do melhor modelo contemplará os seguintes critérios:

4.6.1 Avaliação dos coeficientes dos modelos

O exame dos resultados das estatísticas relevantes dos modelos revela que a estatística t dos modelos 2 e 4 não foi considerado significativo no nível de 95% de probabilidade. Como esse coeficiente tem um valor reduzido e não está ligado diretamente ao relacionamento entre as variáveis, o mesmo não foi descartado.

Tabela 11 – Coeficientes da regressão dos modelos estudados

		B0	B1	B2
modelo 1	coeficientes	-0,057574	0,010147	
	Stat t	-6,119824	11,599355	
modelo 2	coeficientes	-0,003209	0,000414	
	Stat t	-0,568374(*)	10,775504	
modelo 3	coeficientes	-8,652516	2,301133	
	Stat t	-29,436457	17,807936	
modelo 4	coeficientes	0,001798	0,000039	
	Stat t	0,713341(*)	23,561949	
modelo 5	coeficientes	-10,124645	1,880321	1,137029
	Stat t	-42,002676	21,358153	8,336405

(*) não significativo no nível de 95%

4.6.2. Estatísticas básicas dos modelos

O coeficiente de determinação e erro padrão, não puderam ser utilizados para comparar a precisão dos 5 modelos, pelo fato dos modelos 1, 2 e 4 estarem em uma escala e o 3 e 5 em outra escala (logarítmica).

Para que fosse possível a comparação entre os 5 modelos, foi calculado o Índice de Furnival para os modelos 3 e 5 e a comparação entre esses valores, mostrou o modelo 5, com ligeira vantagem sobre o modelo 3, foi o que apresentou melhores resultados entre todos.

Tabela 12 – Estatísticas básicas dos modelos..

ESTATÍSTICAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5
R múltiplo	0,901520816	0,888411771	0,954437481	0,973197774	0,98648358
R-Quadrado	0,812739781	0,789275475	0,910950905	0,947113907	0,973149854
R-quadrado ajustado	0,806699129	0,78247791	0,908078353	0,945407904	0,971359845
Erro padrão	0,018838965	0,019984432	0,255008134	0,010011635	0,14234192
Índice de Furnival	-	-	0,007871002	-	0,004393482

4.6.3 Distribuição dos resíduos

- Modelo 1

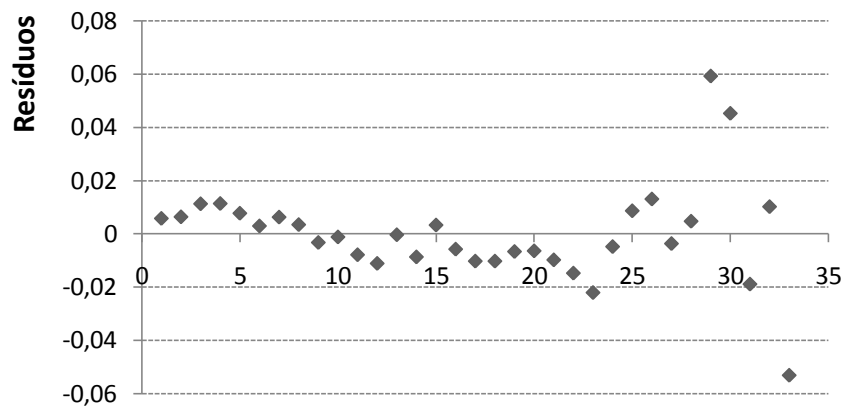


Figura 14 - Distribuição dos resíduos do modelo 1.

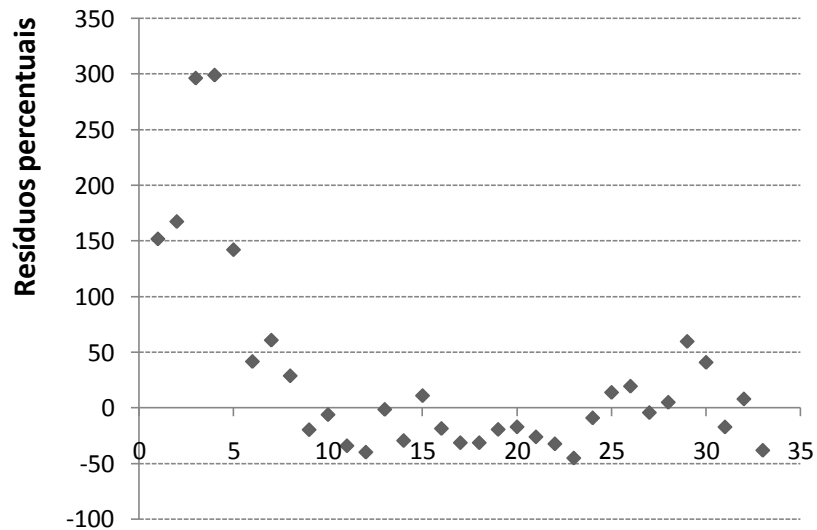


Figura 15 – Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 1.

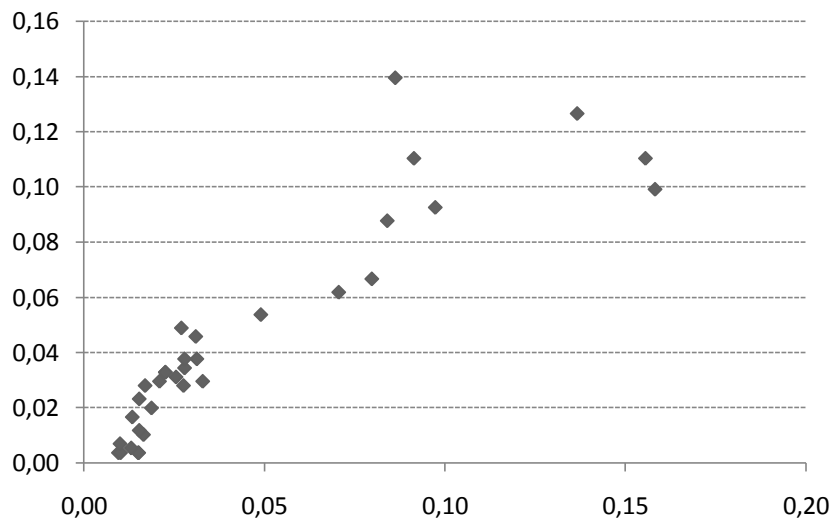


Figura 16 – Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 1

- Modelo 2

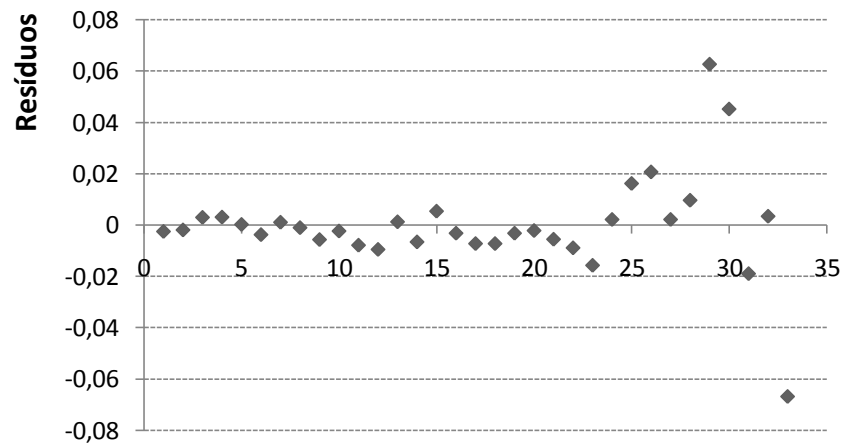


Figura 17 - Distribuição dos resíduos do modelo 2.

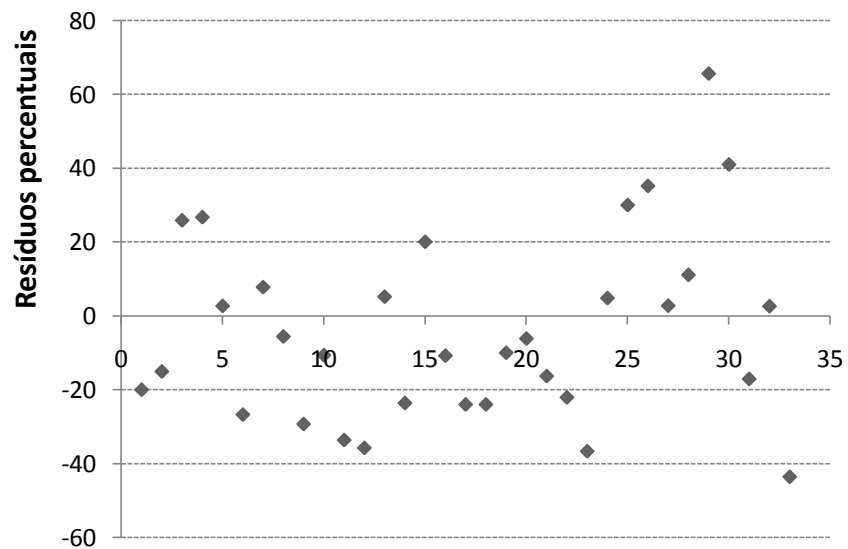


Figura 18 - Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 2

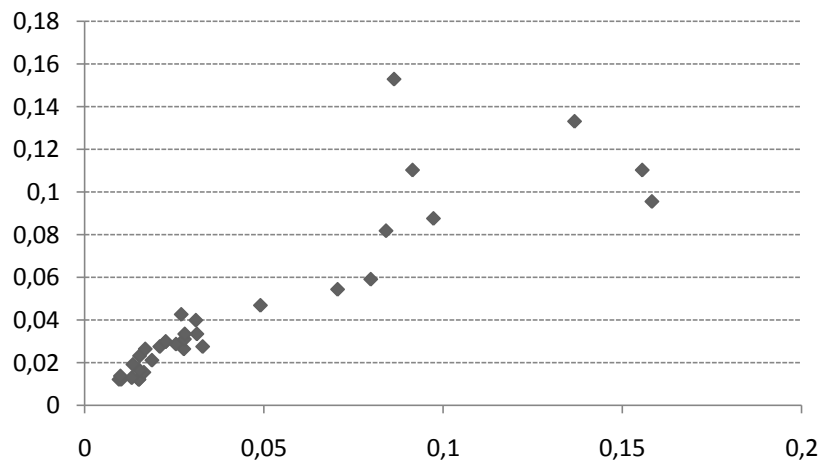


Figura 19 - entre o volume real e o volume previsto do modelo 2

- Modelo 3

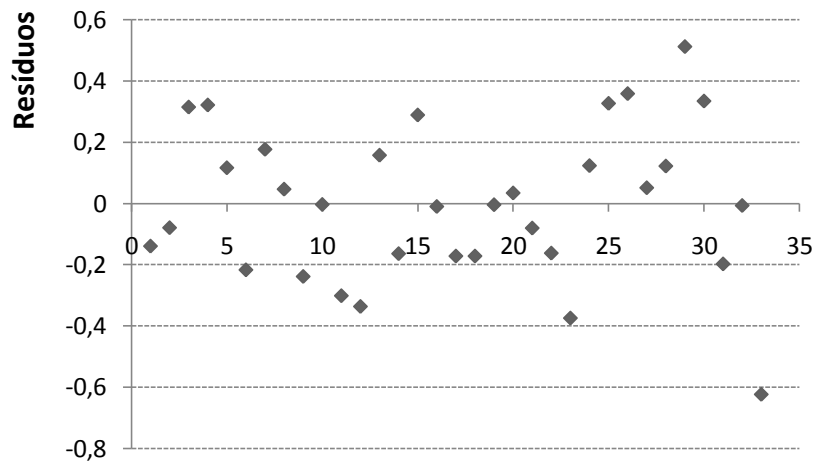


Figura 20 - Distribuição dos resíduos do modelo 3.

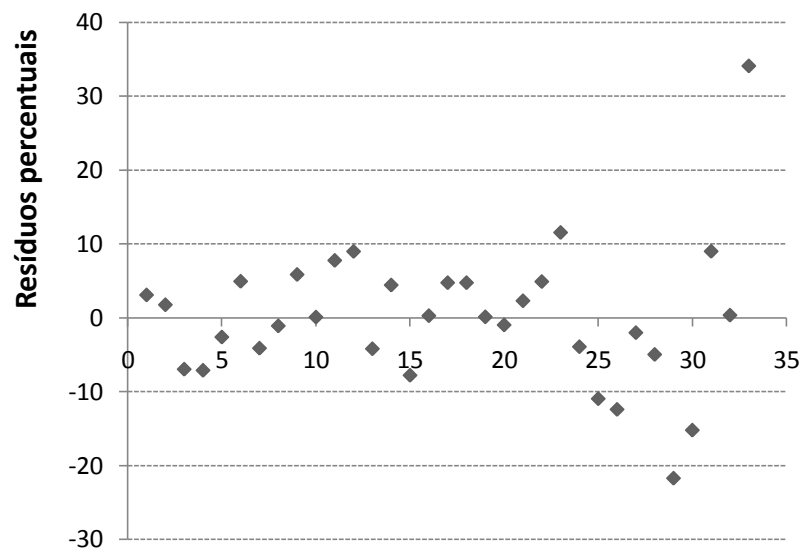


Figura 21 - Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 3

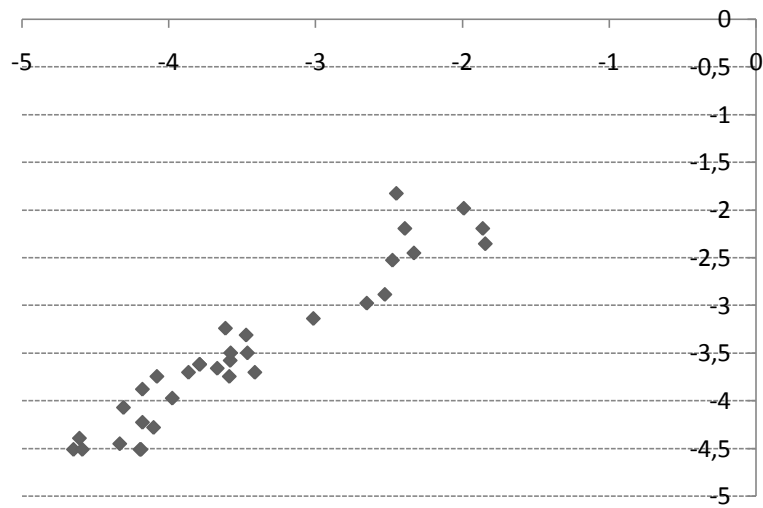


Figura 22 - Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 3

- Modelo 4

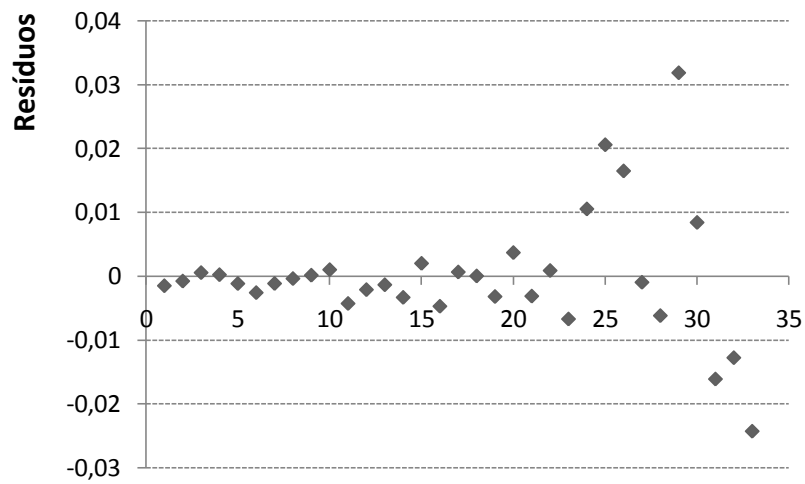


Figura 23 - Distribuição dos resíduos do modelo 4.

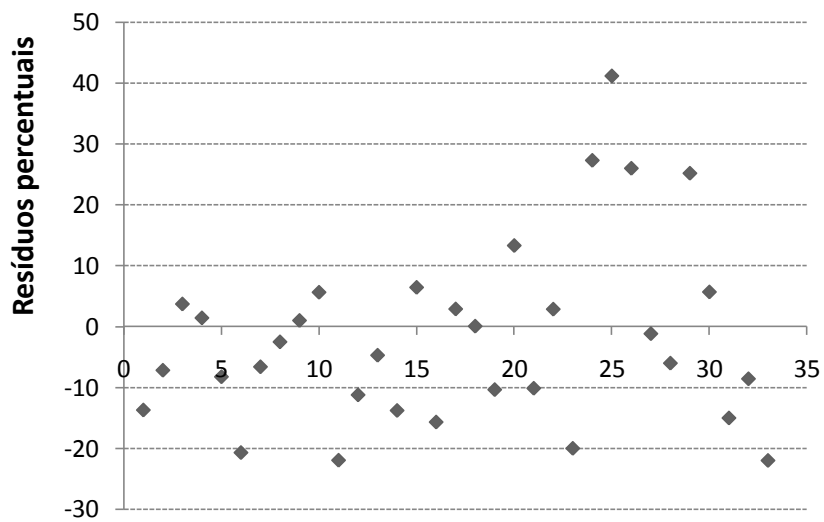


Figura 24 - Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 4

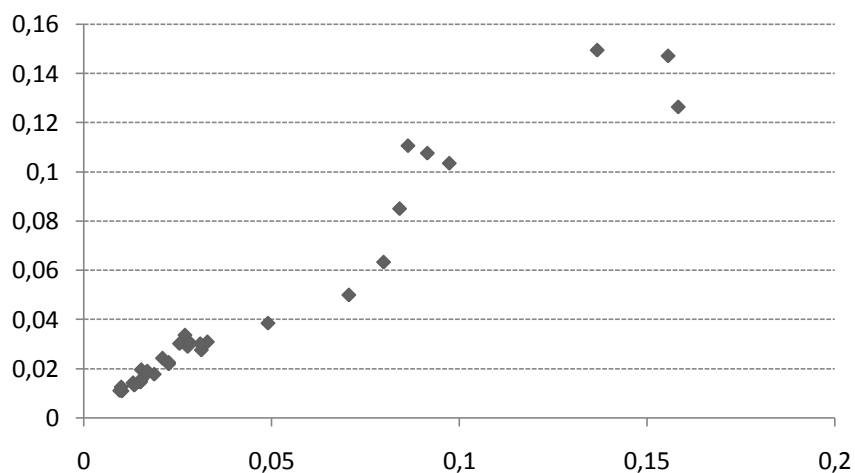


Figura 25 - Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 4.

- Modelo 5

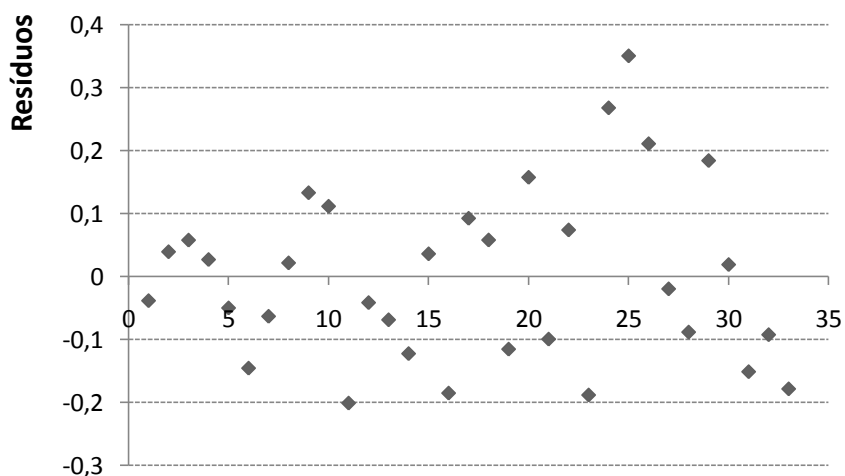


Figura 26 - Distribuição dos resíduos do modelo 5.

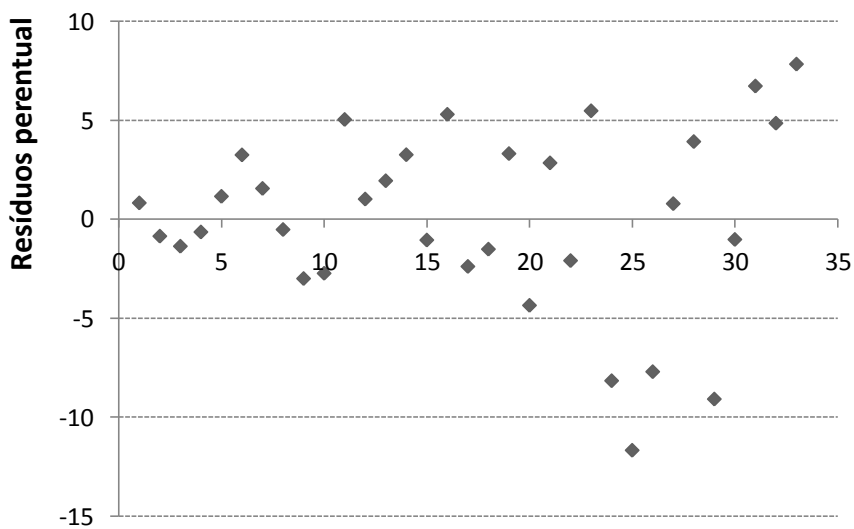


Figura 27 - Distribuição dos resíduos percentuais do modelo 5

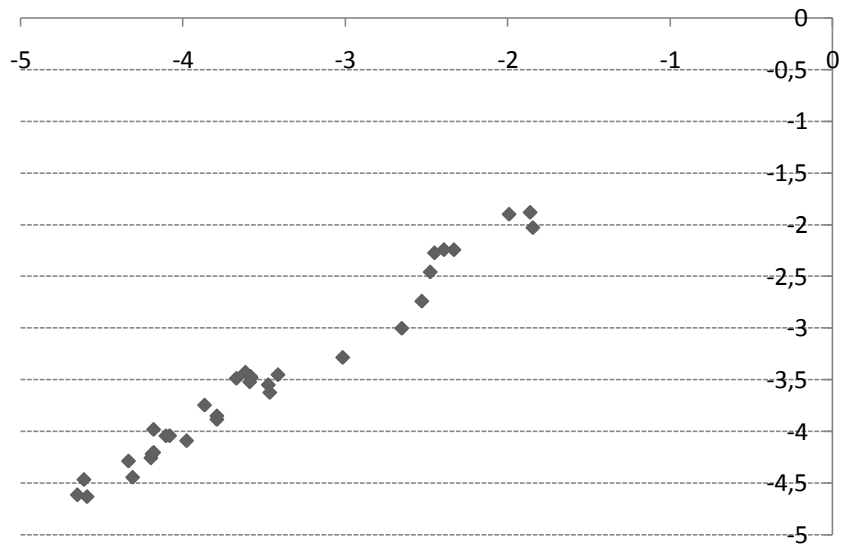


Figura 28 - Relação entre o volume real e o volume previsto do modelo 5

4.6.4 Modelo escolhido

Os dados originais das árvores mensuradas mostram que a relação entre o DAP e o volume total apresenta uma relação razoável entre 5 e 15 cm de diâmetro. A partir desse ponto, o volume varia bastante com o diâmetro, causando reflexos no ajuste dos modelos selecionados.

Considerando-se o comportamento apresentado pelo erro padrão (Índice de Furnival para os modelos logaritmos), a significância dos coeficientes e a distribuição dos resíduos, o modelo 5 foi o que apresentou o melhor desempenho, sendo, então eleito para ser utilizado no cálculo do volume da quaresmeira.

Os modelos 3 e 4 podem ser considerados com desempenho semelhante, pois as diferenças entre suas estatísticas são diminutas.

Os modelos 1 e 2 têm, contra seu desempenho, o fato de apresentar tendenciosidade na distribuição dos resíduos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dentre os cinco modelos selecionados, o correspondente ao logarítmico de Schumacher e Hall foi o que mostrou o melhor desempenho, sendo, desta forma, o mais adequado para estimar o volume total para árvores de *Tibouchina granulosa* Cogn, na faixa de servidão da diretriz do eixo do gasoduto GASDUCIII.

O modelo escolhido é representado então pela equação :

$$\mathbf{LN(V) = -10,1246 + 1,88032 \times LN(D) + 1,137029 \times LN(H)}$$

Sendo: LN - logaritmo neperiano

V - volume total das árvores (fuste + copa), em m³

D - diâmetro das árvores, em cm

H – altura das árvores, em m

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUIAR, L. P. Modelagem do volume do povoamento da *Mimosa scabrella* Benth em bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 120 p. 2006.

FILHO, L.I.A. Equação de volume para vegetação arbórea remanescente na área do complexo petroquímico do Rio de Janeiro, COMPERJ. Monografia. Departamento de Silvicultura, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 38p. 2008.

GOMES, F.P. e GARCIA, C.H. A Determinação de equações volumétricas na Engenharia Florestal. Série Técnica IPEF, Piracicaba, 9(26): 1-36, mar. 1993

IBGE - Mapa da vegetação do Brasil. Rio de Janeiro, 1993.

LORENZI, HARRI. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*, vol. 1. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, 2002, 4a. edição.

PÉLLICO NETTO, S. Estimativas volumétricas de árvores individuais síntese teórica. Curitiba, V Seminário sobre atualidades e Perspectivas Florestais, p. 15-27, 1982.

PEREIRA, G.M. Equação de volume para *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera presente na faixa de servidão da diretriz do eixo do Arco Rodoviário Metropolitano do Rio de Janeiro, 43p. 2008.

REGAZZI, A. J & LEITE, H. G. Análise de regressão: teoria e aplicações em manejo florestal. Universidade Federal de Viçosa - UFV - MG, Departamento de Engenharia Florestal, SIF. 238p.1993.

TECNOSOLO S.A. EIA do Gasoduto Cabiúnas-REDUC, GASDUCIII-Rio de Janeiro, 2007

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, 124 p., 1991.