

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
COLEGIADO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ELTON RODRIGO PEREIRA VEIGA

**SISTEMA COMPUTACIONAL
COMO FERRAMENTA DE
PLANEJAMENTO FLORESTAL**

VITÓRIA DA CONQUISTA-BA

JUNHO/ 2010

ELTON RODRIGO PEREIRA VEIGA

**SISTEMA COMPUTACIONAL
COMO FERRAMENTA DE
PLANEJAMENTO FLORESTAL**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Dr. Luis Carlos de Freitas

VITÓRIA DA CONQUISTA-BA

JUNHO/ 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
COLEGIADO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Campus de Vitória da Conquista – Ba.

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Sistema computacional como ferramenta de planejamento florestal.

Autor: Elton Rodrigo Pereira Veiga.

Aprovado como parte da exigência para obtenção de título de ENGENHEIRO FLORESTAL, pela banca examinadora:

Prof^a. Dr. Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto.

Prof^o. Sc. Dr. Alessandro de Paula.

Prof^o. Dr. Sc. Luis Carlos de Freitas.

Data da realização: 30 de Junho de 2010.

*Dedico este trabalho à Deus, por sua
grandeza e generosidade, e a minha família,
benção maior de minha vida.*

RESUMO

Neste trabalho foi elaborado um sistema computacional para dar suporte ao processamento de dados de cubagem de árvores e de inventário florestal de povoamentos plantados, utilizou-se uma linguagem orientada por objetos e banco de dados relacional. O sistema acessa o cadastro florestal armazenado em bancos de dados, produz dados estatísticos, dados dendrométricos, realiza cálculo de volumetria por meio de métodos de cubagem relativa e absoluta e gera equações volumétricas através de dados e modelos de regressão linear. Para a implementação das rotinas foi utilizada a ferramenta *Borland® Delphi®*, acessando bases de dados armazenadas no formato *SQL® (Structure Query Language – Linguagem de Consulta de Dados Estruturada)*. O sistema apresenta interface simples e prática, não necessitando de treinamento específico para a sua utilização, demonstrando um bom potencial para gerenciamento de dados, consolidando portanto uma ferramenta de auxílio ao planejamento florestal.

Palavras chaves: inventário florestal, aplicativo computacional, delphi.

ABSTRACT

In this work we designed a computer system to support data processing for scaling trees and planted stands of forest inventory, we used an object-oriented language and relational database. The system accesses the forestry register stored in databases, produces statistical data, dendrometric data, performs calculation of volumetric methods by means of relative and absolute scaling and generates volumetric equations through data and linear regression models. For the implementation of the routines was used tool Borland ® Delphi ®, accessing databases stored in SQL format ® (Structure Query Language). The system has simple interface and practical, not requiring special training for its use, demonstrating good potential for data management, thus consolidating a tool to support forest planning.

Keywords: forest inventory, computer application, Delphi.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. OBJETIVOS.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1. FERRAMENTAS PARA CONSTRUÇÃO DO APLICATIVO.....	12
2.2. ÍNDICES DISPONIBILIZADOS NO PROGRAMA.....	13
2.2.1. <i>Volumetria</i>	13
2.2.2. <i>Diâmetro e Altura</i>	15
2.3. TABELA ESTATÍSTICA.....	15
2.4. MODELO MATEMÁTICO.....	16
2.5. ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS.....	18
2.6. ESTRUTURA DAS JANELAS DO SISTEMA.....	19
2.7. DADOS DE ENTRADA.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
3.1. DADOS ESTATÍSTICOS.....	21
3.2. DADOS DE DIÂMETRO.....	22
3.3. DADOS DE ALTURA.....	23
3.4. DADOS DE VOLUMETRIA.....	23
3.5. EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA.....	26
4. CONCLUSÃO.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1.INTRODUÇÃO

Com o processo de modernização cada vez mais crescente, torna-se imprescindível a utilização da tecnologia da informação (TI) como meio de se fornecer subsídios para o gerenciamento de dados e elaboração de resultados de forma rápida e concisa.

Segundo Rezende e Abreu (2000), o termo "Tecnologia da Informação" serve para designar um conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para a geração e uso da informação, utilizando, entre outros, software e seus recursos, gestão de dados e informações, com a finalidade de melhorar processos internos, aplicar controles melhores, reduzir custos, melhorar a qualidade e disponibilidade das informações importantes, interna e externamente à organização, agregar valor aos serviços e produtos ofertados por uma organização.

Na era em que vivemos, o sucesso das empresas passou a depender de sua capacidade de inovar nas áreas de produtos, serviços, canais e processos. Desta forma, a tecnologia da informação assume um papel crítico, permitindo às organizações modificar-se rapidamente e levar essas inovações até o mercado. A necessidade de operar num ambiente dinâmico faz com que seus usuários precisem concentrar-se em adquirir excelência operacional, o que exige, entre outros requisitos, a disponibilidade de sistemas de informações integrados, confiáveis e de alta velocidade, além de outras tecnologias, a fim de obter maior eficiência e controle operacional (BEAL, 2003).

Assim, a TI contribui para o avanço tecnológico em inúmeras áreas, e a engenharia florestal é uma delas. Processos ligados a mensuração e inventário florestal, a depender da quantidade de área a ser manejada, tornam-se altamente dispendiosos.

Não é difícil comprovar a eficácia de sistemas computacionais em atividades florestais, a dificuldade maior enfrentada por essa ciência é a pouca abordagem do tema em uma perspectiva multidisciplinar nas instituições de ensino, cruzando áreas de cunho diferente associado ao pouco investimento em linhas de pesquisas específicas e a falta de incentivo na integração de especialistas das diferentes áreas, necessária para a fusão do conhecimento, obtendo um resultado positivo comum. Neste contexto, o conhecimento tecnológico mais atual está, na grande maioria das vezes, associado às grandes empresas florestais, que realizam um sistema de custo-benefício, onde é compreendido rapidamente o benefício de utilizar a TI.

No início do ano de 2008, a área de florestas plantadas no Brasil estava em torno de 5,7 milhões de hectares. Para atender a demanda das indústrias processadoras de madeira, tais como de papel e celulose e siderurgia, a área plantada com florestas, naquele ano tinha uma projeção de crescimento de 31,5%, indo para 7,5 milhões de hectares (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2010), evidenciando a relevância do setor para o país e a demanda de ferramentas que aperfeiçoem o processamento de dados no manejo dessas florestas.

De forma genérica, pode-se dizer que inventário florestal é uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma determinada área (NETTO e BRENA, 1997). Representando este, o meio mais seguro de obtenção de informações precisas sobre o patrimônio arbóreo (SILVA, 2003).

Dados de inventários florestais de árvores cubadas em pequenas áreas podem ser processados utilizando planilhas eletrônicas do programa Microsoft Office Excel®. Entretanto, no caso das empresas florestais com extensas áreas é sempre necessário utilizar algum *software* específico.

A manipulação de um grande número de dados em um inventário florestal além de necessitar de um tempo maior deixa o processo com elevada susceptibilidade a erros, se não existir o apoio de um sistema de informações. Nesse sentido, o setor florestal brasileiro ainda carece de sistemas modernos de processamento de dados que se ajustem à realidade das empresas.

Segundo Alves 2006, numa avaliação rápida dos sistemas florestais encontrados em pesquisas na *web*, os recursos da tecnologia da informação recebem um maior enfoque, em detrimento de informações técnicas em termos de inventário florestal, com exceção do software “MataNativa” que contempla a análise de informações associadas a estudos fitossociológicos. Essas ponderações foram feitas com base nas visitas a empresas florestais e consultas sobre o material disponível na *Web* sobre os seguintes sistemas disponíveis no mercado no ano de 2005: Athena, MataNativa, Silvisys e EcoSGF.

Os sistemas citados apresentam características semelhantes com o sistema operacional utilizado; no caso plataforma Windows. Isto se justifica devido grande domínio dessa plataforma nas empresas, apesar do grande crescimento de plataformas alternativas como Linux.

É comum que sistemas melhor elaborados, já estabelecidos há algum tempo e de credibilidade e aceitação comprovada, sejam utilizados como base para a criação de

novos sistemas, como também é notável, que devam surgir cada vez mais softwares específicos que atenderão demandas peculiares e heterogêneas, assim como as diferentes técnicas florestais existentes, utilizadas nas tarefas de mensuração, que tem como objetivo a obtenção de informações que compõe o banco de dados destes sistemas.

1.1 . Objetivos

O objetivo do presente trabalho foi elaborar um protótipo de sistema computacional, integrado a um banco de dados florestal, que auxilie os usuários (alunos, professores e técnicos da área florestal), no que tange o processamento de dados e resultados de cubagem de árvores e inventários florestais oriundos de manejo de povoamentos florestais plantados.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do sistema teve como referência técnica o trabalho de Scolforo e Thiersch (2004), com tópicos relacionados à área de mensuração e inventário florestal.

2.1. Ferramentas para a construção do aplicativo

Hardware

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizado um computador com processador de 1,2 GHz, memória RAM de 1Gbytes e 80 GBytes de espaço em disco.

Sistema operacional

O sistema operacional adotado foi o Microsoft® Windows® XP, contudo o sistema construído é compatível com as versões 95/98/2000/NT e ME. Sua adoção é justificada pelo fato de que é a plataforma mais comum.

Sistema de Banco de dados

Empregou-se o banco de dados SQL® (*Structure Query Language*). É um banco de dados relacional de fácil instalação, permitindo que alterações na base de dados do sistema sejam realizadas de forma direta pelos usuários do sistema.

Linguagem de programação

O sistema foi desenvolvido utilizando o Borland® Delphi® versão 6.0. A escolha do Delphi® teve como justificativa o ambiente de desenvolvimento, o tratamento com base em formulários e a programação orientada a objetos. De compilação rápida, possui grande suporte a banco de dados, relacionais e não-relacionais, de diversos fabricantes (BORLAND, 2010).

2.2. Índices disponibilizados no programa

2.2.1. Volumetria

O programa gerencia uma base de dados florestal e realiza cálculos de volumetria, conforme as seguintes fórmulas de cubagem relativa e absoluta, baseadas na obra de Scolforo e Thiersch (2004):

Fórmula de Smailan:

$$V_i = \left[\frac{\left(\frac{\pi D_i^2}{40.000} + \frac{\pi D_{i+1}^2}{40.000} \right)}{2} \right] L_i \quad V_t = \left(\frac{\pi D_t^2}{40.000} \right) L_t \quad V_p = \frac{\left(\frac{\pi D_n^2}{40.000} \right) L_p}{3}$$

$$V = V_i + V_{i+1} + \dots + V_n + V_t$$

Fórmula de Hurber:

$$V_i = \left(\frac{\pi D_{int}^2}{40.000} \right) * L_i \quad V_t = \left(\frac{\pi D_t^2}{40.000} \right) L_t \quad V_p = \frac{\left(\frac{\pi D_n^2}{40.000} \right) * L_p}{3}$$

$$V = V_i + V_{i+1} + \dots + V_n + V_t$$

Fórmula de Newton:

$$V_i = \left[\frac{\left(\frac{\pi D_i^2}{40.000} \right) + 4 * \left(\frac{\pi D_{int}^2}{40.000} \right) + \left(\frac{\pi D_{i+1}^2}{40.000} \right)}{6} \right] * L_i \quad V_t = \left(\frac{\pi D_t^2}{40.000} \right) * L_t$$

$$V_p = \frac{\left(\frac{\pi D_n^2}{40.000} \right) * L_p}{3}$$

$$V = V_i + V_{i+1} + \dots + V_n + V_t + V_p$$

Fórmula de Hohenald:

$$V = \frac{h}{5} * \frac{\pi}{40.000} * (D_{0,1}^2 + D_{0,3}^2 + D_{0,5}^2 + D_{0,7}^2 + D_{0,9}^2) - \left(\frac{\pi D_t^2}{40.000} \right) * L_t$$

Fórmula da FAO:

$$V = \frac{h}{5} * \frac{\pi}{40.000} * \left(\left(\frac{2 * D_{1/6}^2 + D_{0,1}^2 + D_{5/6}^2}{4} \right) + D_{0,3}^2 + D_{0,5}^2 + D_{0,7}^2 + D_{0,9}^2 \right) - \left(\frac{\pi D_t^2}{40.000} \right) * L_t$$

Em que,

L_i = Comprimento da seção, em metros;

L_t = Altura do toco, em metros;

L_p = Comprimento da ponta, em metros;

$D_{(1/6)}$ = Diâmetro a 1/6 do comprimento da primeira seção, em centímetros;

$D_{(5/6)}$ = Diâmetro a 5/6 do comprimento da primeira seção, em centímetros;

$D_{x\%}$ = Diâmetro a x% da altura da árvore, em centímetros;

D_{int} = Diâmetro tomado na metade da seção, em centímetros;

D_i = Diâmetro tomado no extremo da seção, em centímetros;

D_n = Diâmetro tomado no extremo da última seção, em centímetros;

D_t = Diâmetro do toco, em centímetros;

V_i = Volume da seção, em metros cúbicos;

V_p = Volume da ponta, em metros cúbicos;

V_n = Volume da última seção, em metros cúbicos;

V_t = Volume do toco, em metros cúbicos;

V = Volume total, em metros cúbicos;

Os valores de volume do toco e volume da ponta, que totalizam juntamente com o volume do tronco o volume total, como Scolforo e Thiersch (2004) colocam em seu livro, podem ser desconsiderados no cálculo, sendo opcional ao usuário do software.

Tanto a fórmula de Hohenald como a da FAO acima descrita, baseia-se na divisão do tronco em cinco seções, porém o software disponibiliza a divisão do tronco além desta, em dez e vinte seções, para ambos os métodos.

2.2.2. Diâmetro e Altura

O diâmetro e altura desempenham um papel importante no cálculo do volume, os mesmos devem ser tomados com bastante precisão, pois quaisquer tipos de erros cometidos na tomada de ambos podem comprometer seriamente o trabalho. Nos países em que se adota o sistema métrico o diâmetro e a circunferência são tomados a altura do peito (1,30 m), e por esta razão é denominado de DAP (diâmetro a altura do peito) ou CAP (circunferência a altura do peito).

Entre as razões pelas quais o DAP é tomado como uma das medidas mais importante da árvore, está na sua fácil obtenção em comparação com as demais e por alterar o valor do volume quadraticamente (SILVA, 1979). A altura é outra variável fundamental a ser obtida na população florestal, pois além de ser importante para o cálculo do volume, possibilita obter classificação dos locais quanto a sua produtividade.

Foram calculados no sistema por meio do banco de dados informações como: Diâmetro de Weise; Diâmetro de Médio Quadrático; Diâmetro de Hohenald; Diâmetro Modal; Diâmetro das árvores dominantes pelo método de: Hart, Assmann, Weise, Lewis e Naslund; Média Aritmética das Alturas; Altura de Weise; Altura das árvores dominantes pelo método de: Hart, Assmann, Weise, Lewis e Naslund e a Área Basal.

2.3. Tabela Estatística

O sistema apresenta os dados em uma tabela de classes diâométricas, estabelecidas estatisticamente a partir da amplitude de classe igual a um desvio padrão (Sd), totalizando sete classes diâométricas, conforme tabela 1, onde são demonstrados valores de limite inferior da classe (Li), limite superior da classe (Ls), média aritmética dos diâmetros (d), valor central da classe (Vc), frequência na iésima classe (Fi), frequência acumulada na iésima classe (fa), área seccional correspondente ao valor da classe (gi) e área basal da iésima classe (figi), dados dispostos baseados no modelo de Scolforo e Thiersch (2004):

Tabela 1 – Esquema de classes diâométricas.

Li	Ls	Vc
$\bar{d} - 3,5 Sd$	$\bar{d} - 2,5 Sd$	$\bar{d} - 3,0 Sd$
$\bar{d} - 2,5 Sd$	$\bar{d} - 1,5 Sd$	$\bar{d} - 2,0 Sd$
$\bar{d} - 1,5 Sd$	$\bar{d} - 0,5 Sd$	$\bar{d} - 1,0 Sd$
$\bar{d} - 0,5 Sd$	$\bar{d} + 0,5 Sd$	\bar{d}
$\bar{d} + 0,5 Sd$	$\bar{d} + 1,5 Sd$	$\bar{d} + 1,5 Sd$
$\bar{d} + 1,5 Sd$	$\bar{d} + 2,5 Sd$	$\bar{d} + 2,0 Sd$
$\bar{d} + 2,5 Sd$	$\bar{d} + 3,5 Sd$	$\bar{d} + 3,0 Sd$

2.4. Modelo Matemático

Para o cálculo de volume, neste trabalho não foi considerado o fator de forma, que, segundo Cabacinha (2003), em decorrência dos ajustes dos modelos de cálculo de volume com a cubagem rigorosa, a forma do tronco é introduzida implicitamente nos coeficientes das fórmulas ajustadas, não fazendo sentido então o uso do fator forma em rotinas de inventário florestal.

Após a cubagem rigorosa de árvores amostrais, ajusta-se o modelo volumétrico de cálculo de volume. São três os grupos de equações volumétricas: equações de volume de uma entrada, de dupla entrada, e de tripla entrada.

As equações de volume de uma entrada são aquelas cujo volume sólido é função somente do diâmetro das árvores. Vale salientar que é utilizado esse tipo de equação quando a população florestal é bastante homogênea, e o DAP e altura das árvores são bem correlacionados. Equações de dupla entrada são aquelas cujo volume é função do DAP e da altura. Esse tipo de equação é indicada quando a população florestal é heterogênea em questão de variabilidade, ou seja, os valores de DAP não explicam muito bem o comportamento das alturas. Já as equações de tripla entrada são aquelas cujo volume é função do DAP, altura, e de uma medida que expresse a forma da árvore, como por exemplo, o fator de forma.

Esse tipo de equação de volume é pouco utilizado em decorrência de que a forma da árvore é incluída nas equações anteriores a partir da cubagem rigorosa e ajustamentos dos coeficientes da equação selecionada (LEITE, 2007).

Na tabela 2 são apresentadas algumas equações de volume de uma entrada e de dupla entrada.

Tabela 2 - Equações volumétricas de uma e dupla entrada.

Grupo	Autor	Modelo
Uma entrada	Kapezky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2$
	Dissescu-Meyer	$V = \beta_0 dap + \beta_1 dap^2$
	Hohenald-Krenm	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2$
Dupla entrada	Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 Ht$
	Schumacher-Hall	$V = \beta_0 dap^{\beta_1} Ht^{\beta_2}$
	Stoate (Australiana)	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 Ht$

No sistema é utilizado o modelo de regressão linear de dupla entrada ajustado por *Stoate* do tipo $V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 Ht$, cujas medições reais de volume, DAP e altura compõem as variáveis dependentes da equação.

Segundo Leite (2007), estimando o volume das árvores através dos valores reais de DAP e valores de alturas, por meio do modelo de dupla entrada de *Stoate*, obteve ótimos resultados decorrente da adequação dos modelos de dupla entrada.

Segundo Spurr (1952), citado por Embrapa (2001), em função do sucesso experimental em trabalhos anteriores de volumetria, é indicável a utilização do uso efetivo da variável independente $dap^2 Ht$ em ajustes de modelos matemáticos.

Além da equação são geradas no sistema três medidas de precisão da regressão:

- O valor de “F” da análise de variância, que neste caso só serve para comparar com o “F” de outras equações. Esta comparação deverá ser feita apenas depois de analisar todas as outras medidas de precisão.
- O coeficiente de determinação (R^2), que demonstra neste caso, em porcentagem, quanto das variações ocorridas no volume estão sendo expressas pelo DAP e pela altura.
- O erro padrão residual (Syx), que expressa quanto, em termos médios, os valores observados, variam em relação aos valores estimados. O sistema gera o valor em porcentagem e em valor absoluto.

De acordo com Finger (1992), as estatísticas dos coeficientes de determinação (R^2), erro padrão residual (S_{yx}) e a análise da distribuição dos resíduos usados em conjunto possibilitam selecionar mais eficientemente um modelo.

2.5. Estrutura do Banco de dados

O banco de dados do projeto é composto de três tabelas, denominadas de “PROJETO”, “ARVORE” e “AJUSTE”. A tabela “PROJETO” é interligada com a tabela “ARVORE” por meio da chave estrangeira “CD_PROJETO”, fundamental para interligação das tabelas. Assim um projeto, por exemplo, poderá ter uma ou inúmeras árvores, mas cada árvore terá apenas um valor de DAP e altura.

A tabela “AJUSTE” armazena unicamente dados para gerar a equação volumétrica e suas devidas medidas de precisão da regressão.

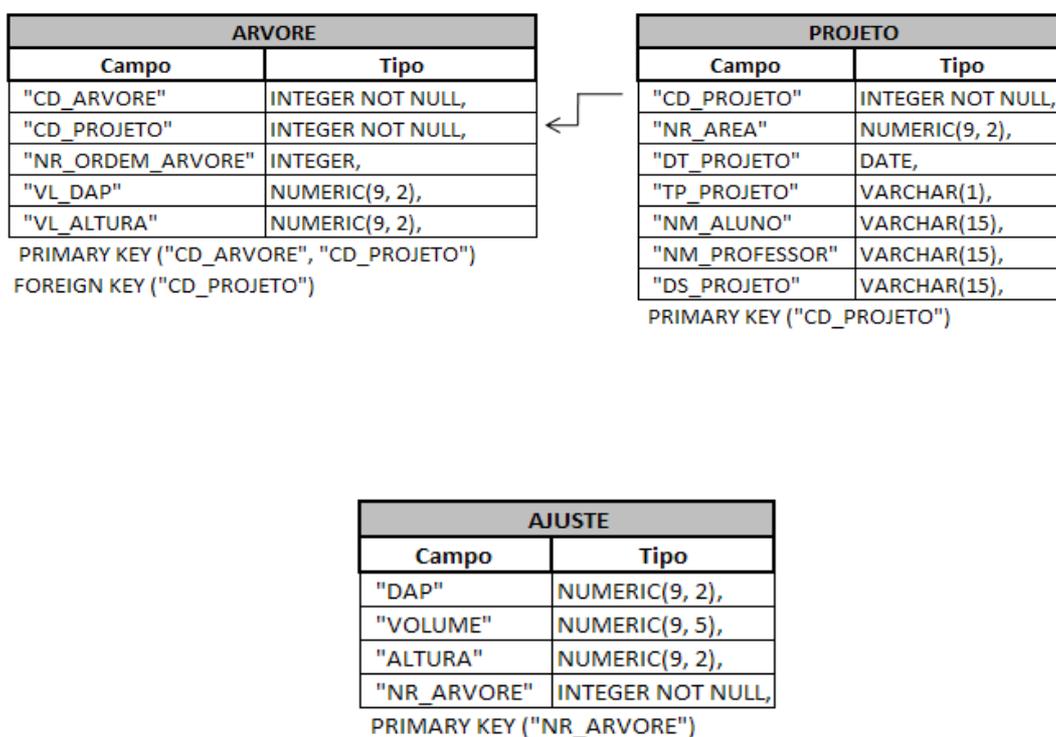


Figura 1 – Diagramação do banco de dados utilizada no sistema.

2.6. Estrutura das Janelas do Sistema

Na figura 2 a imagem das telas onde serão adicionados os dados para cálculos estatísticos e biométricos, contendo o *menu* principal, tela para o cadastro dos projetos e das árvores.

The image shows two overlapping windows from a software application. The background window is titled "Cadastro de Projetos" and contains several input fields: "Data" (with "20/6/2010" and "1" entered), "Nome do Projeto:", "Professor", "Aluno", and "Área Total:" (with "m²" next to it). At the bottom, there are four buttons: "GRAVAR OS DADOS", "PROCURAR PR", "INSERIR AMOSTRAS", and "EXCLUIR PRO". The foreground window is titled "PROJETO" and "MONOGRAFIA". It features two columns of input fields: "DAP (cm)" with "24" and "Árvore nº: 94" next to it, and "Altura (m)" with "18". To the right of these fields are three buttons: "GRAVAR", "EDITAR", and "DELETAR". Below the input fields are four navigation buttons: a double left arrow, a single left arrow, a single right arrow, and a double right arrow.

Figura 2 – Janela do cadastro de projeto e árvores do sistema computacional.

2.7. Dados de entrada

Para o cálculo de dados estatísticos e biométricos relacionados à altura e DAP das árvores, foi criado um projeto denominado “monografia” sendo adicionado no banco de dados por meio do sistema, os seguintes dados, utilizados no trabalho de Scolforo e Thiersch (2004):

Tabela 3 – Banco de dados do Projeto Monografia.

Nº Árvore	Dap (cm)	Altura (m)	Nº Árvore	Dap (cm)	Altura (m)	Nº Árvore	Dap (cm)	Altura (m)
1	7,5	9,5	32	15,5	15,5	63	18,5	14,5
2	8	8,5	33	15,5	16	64	18,5	15,5
3	8,5	8,5	34	15,5	14,5	65	18,5	15,5
2	8,5	9	35	16	12	66	18,5	16
5	10,5	9	36	16	14	67	18,5	15,5
6	11	12,5	37	16	14	68	19,5	15,5
7	11,5	12	38	16,5	15	69	19,5	16
8	11,5	11	39	16,5	14,5	70	19,5	17
9	12	13	40	16,5	15	71	19,5	17
10	12,5	16	41	16,5	14	72	19,5	16
11	13	12	42	16,5	14,5	73	20	16
12	13	14,5	43	16,5	16	74	20	16
13	13,5	14,5	44	16,5	15	75	20,5	16
14	13,5	12	45	16,5	15	76	20,5	16,5
15	13,5	15,5	46	17	14,5	77	20,5	17
16	13,5	14	47	17,5	16	78	20,5	16,5
17	13,5	15	48	17,5	13	79	20,5	16
18	13,5	14,5	49	17,5	16	80	20,5	14,5
19	14	13	50	17,5	16	81	21	16,5
20	14	13,5	51	17,5	16,5	82	21,5	17
21	14	14,4	52	17,5	15,5	83	21,5	17
22	14	15	53	17,5	15,5	84	21,5	17
23	14	14	54	17,5	14,5	85	21,5	16
24	14	14	55	17,5	17	86	21,5	16,5
25	14	13	56	18	16,5	87	21,5	13,5
26	14,5	15	57	18	13	88	21,5	16
27	14,5	13	58	18,5	16,5	89	21,5	18
28	15	13,5	59	18,5	16,5	90	22	17
29	15,5	14,5	60	18,5	16,5	91	22,5	9,5
30	15,5	14,5	61	18,5	16	92	22,5	16
31	15,5	14,5	62	18,5	15,5	93	23	17
						94	24	18

Para gerar a equação volumétrica, foram adicionados ao banco de dados por meio do sistema, os seguintes dados:

Tabela 4 – Banco de dados para gerar equação volumétrica.

Nº	DAP (cm)	ALTURA (m)	VOLUME (m³)
1	13,1	12,1	0,0631
2	14,6	12,5	0,0782
3	15,4	13,6	0,0803
4	15,6	13,2	0,0932
5	12,2	8	0,0318
6	13	8,2	0,0422
7	11,3	10,3	0,0416
8	10,1	8,9	0,0317
9	19	19,1	0,2077
10	17,5	19,8	0,2216
11	17	17,1	0,1638
12	17	18,5	0,1614

Diferente das outras, a janela de volumetria do sistema não trabalha com banco de dados, ela tem por finalidade auxiliar o usuário em cálculos de cubagem rigorosa absoluta e relativa, fornecendo o volume da amostra. Na tela inicial da janela volumetria o usuário deve optar por qual método ele quer utilizar, conforme é demonstrado na figura 3.

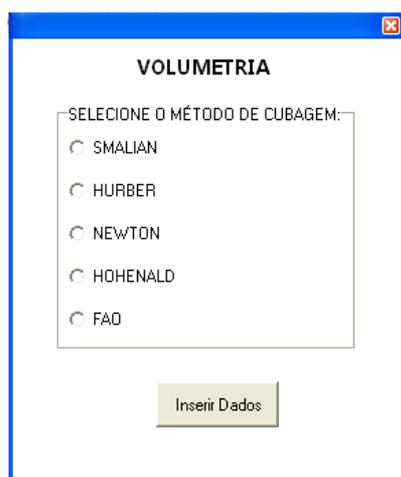


Figura 3 – Janela “Volumetria” do sistema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a inserção dos dados foram gerados os resultados nas telas de saída do programa, detalhados a seguir.

3.1 Dados Estatísticos

Na figura 4 são exibidos os resultados relacionados aos cálculos estatísticos dos valores de diâmetro das 94 amostras adicionadas ao projeto “Monografia”, sendo distribuídos em sete classes diâmetricas com amplitude de classe de um desvio padrão, que no caso tem o valor de 3,6 centímetros.

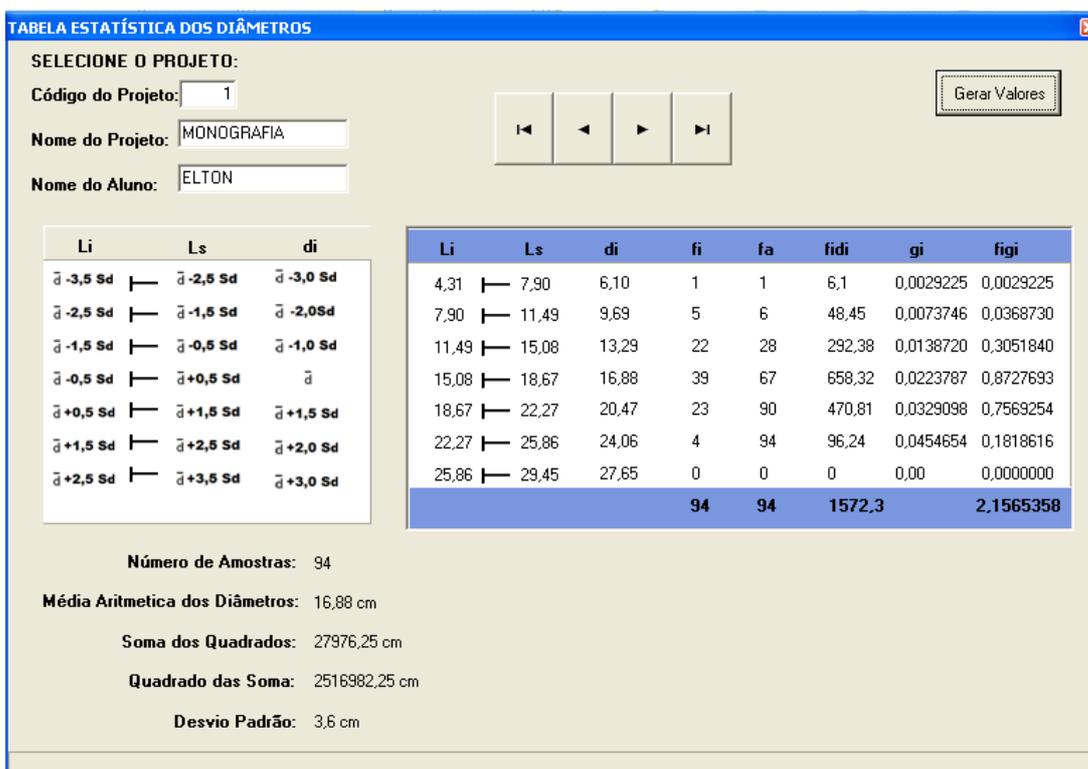


Figura 4 – Janela “Tabela Estatística dos Diâmetros” do sistema.

3.2. Dados de Diâmetro

Na figura 5 são exibidos os resultados relacionados aos cálculos de DAP dos valores das 94 amostras adicionadas ao projeto “Monografia”, onde foram gerados o diâmetro de Weise, Médio quadrático, Modal, de Hohenald e o diâmetro das árvores dominantes.

The screenshot shows a software window titled "DIÂMETRO". It contains a form for project selection with the following fields: "Código do Projeto:" (1), "Nome do Projeto:" (MONOGRAFIA), and "Nome do Aluno:" (ELTON). There are navigation buttons (back, forward) and a "Calcular" button. Below the form, the results are displayed under the heading "Diâmetro das Árvores Dominantes".

Diâmetro das Árvores Dominantes	
Média Aritmética dos Diâmetros :	16,88 cm
Diâmetro de Weise:	18 cm
Diâmetro Médio Quadrático:	17,26 cm
Diâmetro Modal:	16,88 cm
Diâmetro Hohenald:	d_+ 20,47 cm d_- 13,29 cm
HART:	22,4 cm
ASSMANN:	22,8 cm
WEISE:	21,55 cm
LEWIS:	23,5 cm
NASLUND:	23 cm

Figura 5 – Janela “Diâmetro” do sistema.

3.3. Dados de Altura

Na figura 6 são exibidos os resultados relacionados aos cálculos de altura do banco de dados, onde foram gerados a altura de Weise, Média aritmética, área basal total e a altura das árvores dominantes.

The screenshot shows a software window titled "ALTURA". It contains a form for project selection with the following fields: "Código do Projeto:" (1), "Nome do Projeto:" (MONOGRAFIA), and "Nome do Aluno:" (ELTON). There are navigation buttons (back, forward) and a "Calcular" button. Below the form, the results are displayed under the heading "Altura das Árvores Dominantes".

Altura das Árvores Dominantes	
Média Aritmética das Alturas :	14,73 m
Altura de Weise:	14,75 m
Área:	500,00m ²
Área Basal Total:	2,16292 m ²
HART:	17,4 m
ASSMANN:	15,5 m
WEISE:	16,16 m
LEWIS:	17,5 m
NASLUND:	15,13 m

Figura 6 – Janela “Altura” do sistema.

3.4. Dados de Volumetria

Os dados de entrada foram adicionados conforme o trabalho de Scolforo e Thiersch (2004) em todos os métodos. Nos métodos de cubagem absoluta de Smalian, Hurber e Newton, foram inseridos dados como, o número de seções, o comprimento do toco, o comprimento da ponta, o diâmetro da ponta e o comprimento das seções, tendo como resultados o volume da ponta, o volume do tronco, o volume do toco e o volume total.

Nos métodos de cubagem relativa de Hohenald e da FAO, foram inseridos dados como, o número de seções, a altura da árvore, o diâmetro do toco e o comprimento do toco, tendo como resultado o volume total da amostra.

A seguir serão apresentadas figuras relativas às telas dos cinco métodos de cubagem que foram utilizados no sistema, com os dados de entrada e seus respectivos resultados.

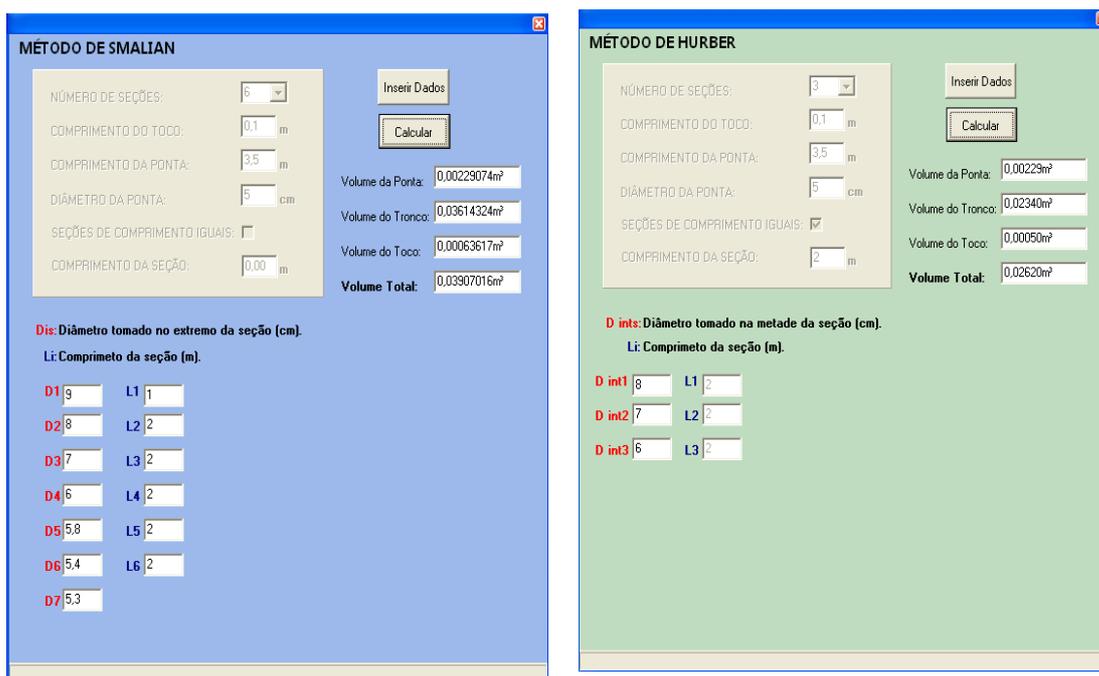


Figura 7 – Janela “Smalian” e “Hurber” do sistema.

MÉTODO DE NEWTON

NÚMERO DE SEÇÕES: 5

COMPRIMENTO DO TOCO: 0,1 m

COMPRIMENTO DA PONTA: 3,3 m

DIÂMETRO DA PONTA: 8 cm

SEÇÕES DE COMPRIMENTO IGUAIS:

COMPRIMENTO DA SEÇÃO: 1,7 m

Inserir Dados

Calcular

Volume da Ponta: 0,00553m³

Volume do Tronco: 0,07840m³

Volume do Toco: 0,00143m³

Volume Total: 0,08536m³

Dis: Diâmetro tomado no extremo da seção (cm).
D ints: Diâmetro tomado na metade da seção (cm).
Li: Comprimento da seção (m).

D1 13,5 D5 9,4

D int1 13 L1 1,7 D int5 9,3 L5 1,7

D2 12 D6 9

D int2 11,5 L2 1,7

D3 11

D int3 10,5 L3 1,7

D4 10

D int4 9,5 L4 1,7

Figura 8 – Janela “Newton” do sistema.

MÉTODO DA FAO

NÚMERO DE SEÇÕES: 10

ALTURA DA ÁRVORE: 50 m

DIÂMETRO TOMADO A 1/6 DO COMPRIMENTO DA 1ª SEÇÃO: 23 cm

DIÂMETRO TOMADO A 5/6 DO COMPRIMENTO DA 1ª SEÇÃO: 22 cm

SUBTRAIR O VALOR DO TOCO:

DIÂMETRO DO TOCO: 0,00 cm

COMPRIMENTO DO TOCO: 0,00 m

Inserir Dados

Calcular

Volume Total: 0,32641m³

D_{x%}: Diâmetro tomado a X% da altura da árvore:

D_{5%} 23,4

D_{15%} 21

D_{25%} 19

D_{35%} 16

D_{45%} 14

D_{55%} 13

D_{65%} 8

D_{75%} 6

D_{85%} 4

D_{95%} 2

MÉTODO DE HOENALD

NÚMERO DE SEÇÕES: 5

ALTURA DA ÁRVORE: 15 m

SUBTRAIR O VALOR DO TOCO:

DIÂMETRO DO TOCO: 0,00 cm

COMPRIMENTO DO TOCO: 0,00 m

Inserir Dados

Calcular

Volume Total: 0,05184m³

D_{x%}: Diâmetro tomado a X% da altura da árvore:

D_{10%} 10

D_{30%} 8

D_{50%} 6

D_{70%} 4

D_{90%} 2

Figura 9 – Janela “Hohenald” e “FAO” do sistema.

3.5. Equação Volumétrica

Por meio de um modelo de dupla entrada ajustado, utilizando uma base de dados de volume, DAP e altura, foi gerada a equação volumétrica “ $V=(0,07539945228) + (-0,00775886870)*DAP + (0,00004272253)*(DAP^2)*HT$ ”, apresentando os valores de medida de regressão, com um valor de “F” de 188,89, o valor de “R²” de 97,67% e o valor de “Syx” de 11,50%, conforme figura 10.

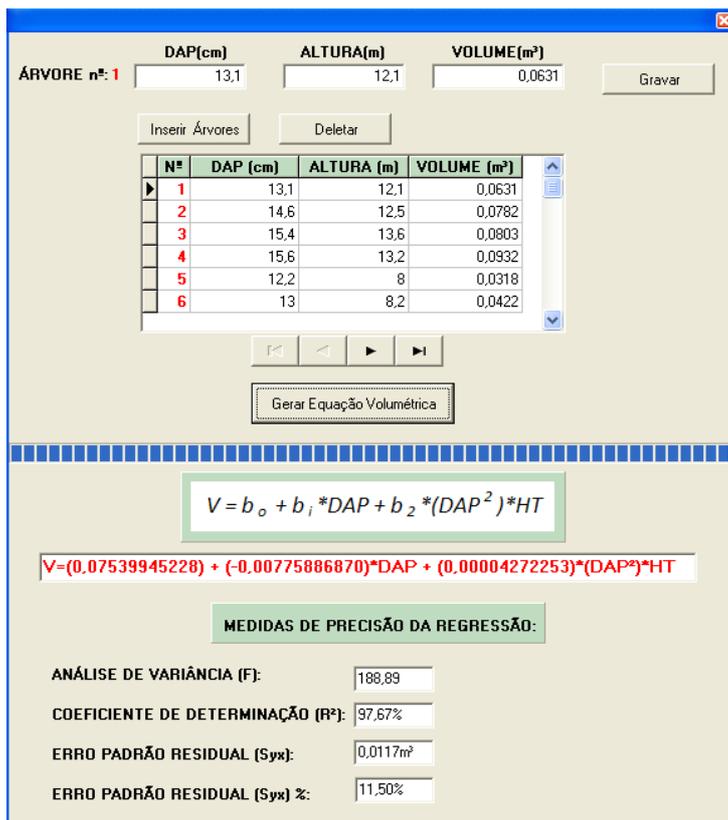


Figura 10 – Janela “Equação Volumétrica” do sistema.

O valor de “F” neste caso só serve para comparar com o “F” de outras equações como abordado anteriormente. O coeficiente de determinação “R²” apresentou um valor desejável, pois demonstra neste caso, que 97,67% das variações ocorridas no volume estão sendo expressas pelo valor de DAP e de altura, o erro padrão residual “Syx” apresentou um valor de 11,5%, considerado acima do desejável, pois é aconselhável valores de erro de até 10% quando se trata do manejo de florestas plantadas.

4. CONCLUSÃO

- O sistema demonstrou potencial como ferramenta de auxílio nos processos de tomada de decisão em planejamento, ordenamento e tratamento de dados de recursos florestais.
- O sistema desenvolvido apresenta a vantagem de ser transparente ao usuário, que pode acessar dados por meio de interfaces amigáveis, sem a necessidade de receber treinamento específico.
- Com seu uso o tempo das atividades especializadas são reduzidas, agilizando rotinas e consultas antes realizadas de forma manual, proporcionando maior integridade das informações.
- O uso de outras ferramentas disponíveis é, no entanto, recomendado, pois seu uso permite um aumento de eficiência no tratamento desse tipo de dados, como por exemplo, o gráfico de dispersão utilizado como medida de análise de regressão.
- A estrutura do banco de dados relacional para uso pelo sistema desenvolvido se mostrou eficiente para o atendimento dos objetivos iniciais, bem como em sua utilização.
- A participação dos usuários no desenvolvimento desse tipo de sistema computacional deve ser incentivada, visando à implementação constante de melhorias no sistema.
- A possibilidade de utilização do sistema desenvolvido por meio da internet ou de uma intranet é outro aspecto desejável, pois permitirão aos usuários o acesso remoto ao banco de dados. O desenvolvimento de relatórios gerenciais impressos é outra característica que deve ser implementada em versões futuras do sistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. V. G. **Sistema computacional para gestão de florestas plantadas**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Florestal – UFPR, Curitiba 2006.

BEAL, A. **Introdução à gestão de tecnologia da informação**. 5ª. Edição - Dez. 2003. Disponível em: <<http://www.vydia.com.br>>. Acesso em 3 de Março de 2010.

BORLAND. **Delphi Borland**. Disponível em: <<http://www.borland.com/br/.html>>. Acesso em 25 de Maio de 2010.

CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa**. Lavras: 2003. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Florestal – UFLA.

EMBRAPA. **Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais**, "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento". Anais, Curitiba, URPFCs, 1981. 198 p. ilustr.

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

LEITE, L. R. C.; **Uso do estimador de razão generalizado na condução do inventário florestal**. Campo Grande/MS, Brasília/DF e Goiânia/GO: 2007. Dissertação de Mestrado em Agronegócios. UFMS, UNB e UFG.

MATANATIVA. **Mata Nativa**. Disponível em: <<http://www.cientec.net>>. Acesso em 25 de Maio de 2010.

NETTO, S. P.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

REZENDE, D. A.; ABREU, A. F. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais**. São Paulo: Atlas, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **SBS**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em 1 de Março de 2010.

SCOLFORO, J. R. S.; THIRSCH, C. R., **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. Universidade Federal de Lavras. Editora UFLA, 2004.

SILVA, J. A. A. da; NETO F. de P. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: 1979. Versão atualizada por José Imaña Encinas e Otacílio Antunes Santana. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Imprensa Universitária da UFRPE, ISBN 85-87599-24-0.

SILVISYS. Disponível em: <<http://www.brisaconsulting.com.br>>. Acesso em 10 de Maio de 2010.

SILVA, A. G. da; **Inventário de arborização urbana viária: métodos de amostragem, tamanho e forma de parcelas**. Viçosa/MG: 2003. Dissertação de Doutorado em Ciência Florestal. UFV.

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