

JOZE MAURO ALVES

**SISTEMA INTEGRADO PARA CUBAGEM DE ÁRVORES E  
INVENTÁRIO DE POVOAMENTOS EQUÍÂNEOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A474s  
2005

Alves Joze Mauro, 1970-

Sistema integrado para cubagem de árvores e inventário  
de povoamentos equiâneos / Joze Mauro Alves. - Viçosa:  
UFV, 2005.  
viii, 61f. : il. ; 29cm.

Orientador: Helio Garcia Leite.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 60-61.

1. Árvores – Medição – Processamento de dados.
  2. Levantamentos florestais – Processamento de dados.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

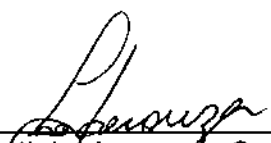
CDO adapt. CDD. 634.95

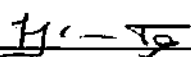
JOZE MAURO ALVES

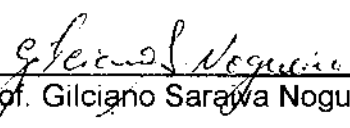
**SISTEMA INTEGRADO PARA CUBAGEM DE ÁRVORES E  
INVENTÁRIO DE POVOAMENTOS EQUIÂNEOS**

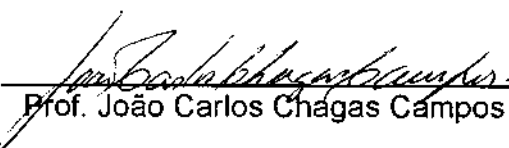
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 28 de julho de 2005.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Agostinho Lopes de Souza  
(Conselheiro)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Heleno do Nascimento Santos

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Gilciano Saraiva Nogueira

  
\_\_\_\_\_  
Prof. João Carlos Chagas Campos

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Helo Garcia Leite  
(Orientador)

Aos meus pais, Toninho e Nenzica (in memoriam).

Com o conhecimento nossas dúvidas aumentam.

Johann Wolfgang von Goeth

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade e pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Helio Garcia Leite, pela orientação, amizade e confiança demonstradas antes e durante este trabalho.

Aos professores José Luis Braga, Heleno do Nascimento Santos, Agostinho Lopes de Souza, Márcio Lopes de Silva, João Carlos Chagas Campos, Gilciano Saraiva Nogueira e Flávio Lopes Rodrigues (*in memoriam*), pela amizade, confiança e orientação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial à Rita, à Ritinha, ao Frederico, ao Chiquinho e à Rose.

Aos colegas de curso Jovane, Márcio, Eric, Pablo, Raul e Cristian, pela amizade e pelo companheirismo.

Às demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

JOZE MAURO ALVES, filho de Antônio Ludgero Alves e Jorcelina de Oliveira Alves, nasceu em 1970 na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Em julho de 1995 graduou-se no curso de Informática na Universidade Federal de Viçosa.

Trabalhou em várias empresas de software em Viçosa até 1999, desenvolvendo sistemas na área comercial e de agronegócio.

Sócio-gerente da empresa Binário – Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas de 1999 a 2003, desenvolvendo sistemas para diversas empresas do setor florestal brasileiro.

Consultor na Secretaria da Fazenda do Estado de Minas Gerais de 2000 a 2001 através do Pnud (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), vinculado a ONU (Organização das Nações Unidas).

Em Julho de 2003 foi selecionado para o programa de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, tendo concluído as exigências para obtenção do título de *Magister Scientiae* em maio de 2006.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objetivos .....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	6
2.1. Método de cubagem.....	7
2.2. Modelos hipsométricos e modelos volumétricos .....	7
2.3. Amostragem .....	8
2.4. <i>Hardware</i> .....	9
2.5. Sistema operacional.....	9
2.6. Análise de requisitos .....	9
2.7. Banco de dados .....	10
2.8. Linguagem de programação.....	10
2.9. Avaliação do sistema .....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1. Módulo de cubagem.....	13
3.1.1. Importação de dados.....	14
3.1.2. Consistência de dados.....	17
3.1.3. Obtenção da equação de volume .....	19
3.2. Módulo de cadastro florestal .....	20

	<b>Página</b>
3.2.1. Definição do cadastro florestal .....	20
3.2.2. Sincronização do cadastro florestal .....	22
3.3. Módulo de inventário florestal .....	23
3.3.1. Definição de características qualitativas .....	24
3.3.2. Coleta de dados .....	26
3.3.3. Consistência de dados .....	29
3.3.4. Definição de equações hipsométricas.....	31
3.3.5. Geração de resultados.....	32
3.3.6. Publicação de resultados .....	33
3.4. Exemplo de aplicação .....	34
3.5. Relatórios .....	49
3.6. Avaliação do sistema .....	57
4. CONCLUSÕES .....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60



## RESUMO

ALVES, Joze Mauro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005.  
**Sistema integrado para cubagem de árvores e inventário de povoamentos equiâneos.** Orientador: Helio Garcia Leite. Conselheiros: Agostinho Lopes de Souza e José Luis Braga.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de construir um sistema para processamento de dados de cubagem de árvores e de inventário florestal de povoamentos equiâneos, utilizando linguagem orientada por objetos e banco de dados relacional. O sistema desenvolvido acessa o cadastro florestal armazenado em bancos de dados corporativos; produz equações volumétricas através de dados de cubagem e modelos de regressão linear; obtém equações hipsométricas através de dados de inventário florestal e modelos de regressão linear; gera relatórios analíticos, qualitativos e estatísticos, tendo como base dados de inventário florestal; e publica os resultados obtidos em bancos de dados corporativos. Para implementação das rotinas foi utilizada a ferramenta Borland® Delphi®, acessando bases de dados armazenadas no formato Microsoft® Access®. O sistema foi instalado e avaliado por sete empresas do setor florestal brasileiro. Em todos os casos, o sistema foi capaz de conectar-se à base de dados corporativos, importar, consistir e processar dados de cubagem de árvores e de inventário florestal, gerar e publicar resultados, de forma auto-suficiente.

## ABSTRACT

ALVES, Joze Mauro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.  
**Integrated system for tree cubing and even- aged stand inventory.**  
Adviser: Helio Garcia Leite. Committee members: Agostinho Lopes of Souza  
and José Luís Braga.

This study was carried out to develop a data processing system for tree cubing and even-aged stand inventory, using relational data bank and object – oriented language. The system developed accesses forest file stored in corporative databanks; generates volumetric equations through cubing data and linear regression models; obtains hypsometric equations through forest inventory data and linear regression models; generates analytical, qualitative, and statistical reports based on forest inventory data; and publishes the results obtained in corporative data banks. For routine implementation, the tool Borland Delphi® was used by accessing the data bases stored in the Microsoft Access format®. The system was installed and evaluated by seven Brazilian forest sector enterprises. In all the cases, the system could connect to the corporative database, import, consist of and process tree cubing and forest inventory data, as well as generate and publish results in a self-sufficient way.

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades de cubagem e inventário florestal são essenciais para acompanhar o crescimento de povoamentos florestais, fornecendo subsídios para o manejo florestal. Com a expansão do setor florestal brasileiro estas atividades têm gerado um volume de dados cada vez maior, exigindo mais recursos para armazenamento, processamento e gerenciamento desses dados e de resultados obtidos.

O inventário florestal (IF) trata dos procedimentos para obter informações quantitativas e qualitativas de povoamentos florestais, envolvendo desde a cartografia da área até técnicas de medição, amostragem e técnicas de informática e pode ser convencional (visa estimar estoques atuais) ou contínuo (visa estimar estoques atuais e crescimento) (CAMPOS e LEITE, 2002).

Um IF pode ser tático ou estratégico. No primeiro caso, os objetivos podem ser gerar subsídios para planos de manejo, atualização de cadastros e manejo florestal. No segundo, o objetivo pode ser instruir o poder público na formulação de políticas de conservação, planejamento e administração de florestas em níveis nacional, estadual ou regional e para gerar subsídios para análises de impactos ambientais (PÉLICO NETTO e BRENA, 1997).

Conforme Husch *et al.* (1972), os inventários podem ser classificados em função de seus objetivos. Por exemplo, inventários contínuos são destinados a avaliar mudanças, enquanto inventários denominados de pré-

corte são para gerar subsídios para planejar a colheita da madeira. Por outro lado, inventário de sobrevivência é um tipo de inventário conduzido para avaliar o desenvolvimento inicial de plantios, sendo puramente qualitativo.

Com exceção dos inventários de prospecção (PÉLICO NETTO e BRENA, 1997), todos os inventários são feitos por meio de procedimentos ou métodos de amostragem, muitas vezes definidos em função do próprio tipo de inventário. Por exemplo, inventários de sobrevivência demandam o uso de amostragem casual, enquanto o inventário de pré-corte demanda o uso de amostragem sistemática. Os métodos de amostragem utilizados na maioria dos inventários e seus correspondentes formulários podem ser encontrados em Spurr (1952), Loetsch e Haller (1964), Loetsch *et al.* (1973) e em Shiver e Borders (1996), dentre outros.

Dados de inventários florestais e de árvores cubadas em pequenas áreas podem ser processados utilizando planilhas. Entretanto, no caso das empresas florestais com extensas áreas é sempre necessário utilizar algum *software* específico. Nesse sentido, o setor florestal ainda carece de sistemas modernos de processamento de dados que se ajustem à realidade das empresas. Uma avaliação rápida dos sistemas encontrados em pesquisas na *web* permite inferir que:

- Os sistemas pesquisados apresentaram características comuns como o sistema operacional utilizado: plataforma Windows. Isto se justifica devido ao ainda grande domínio dessa plataforma nas empresas, apesar do grande crescimento de plataformas alternativas como Linux.

- Há uma grande preocupação em desenvolver os sistemas com a tecnologia Cliente/Servidor e acesso via Web, visando manter as bases de dados em Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) robustos, integrados aos sistemas corporativos das empresas.

- Alguns sistemas são mais voltados para o armazenamento dos dados, muitas vezes provendo recursos para que o usuário transporte os dados para outros aplicativos a fim de realizar suas análises técnicas.

- Não há uma preocupação em relacionar as equações de volume utilizadas com as cubagens geradoras dessas equações.

- Os sistemas trabalham isoladamente ou, no máximo, são dependentes e integrados a outros módulos da própria empresa desenvolvedora, demonstrando uma baixa capacidade de conexão com sistemas desenvolvidos pela própria empresa florestal ou por terceiros.

- Há uma clara necessidade de personalização dos sistemas em cada empresa, caracterizando a implantação dos mesmos mais como um pacote de serviços do que como um produto fechado.

- Os recursos de Tecnologia da Informação recebem um maior enfoque, em detrimento de informações técnicas em termos de inventário florestal, com exceção do software MataNativa que se mostrou mais tecnicamente consistente.

A análise acima foi feita com base nas visitas a empresas florestais e consultas sobre o material disponível na *Web* sobre os seguintes sistemas disponíveis no mercado:

- Athena (<http://www.athenasoft.com.br>);
- MataNativa (<http://www.cientec.net>);
- Silvisys (<http://www.brisaconsulting.com.br>); e
- EcoSGF (<http://www.ecoconsult.com.br/soft/Aplicacoes/ecosgf.htm>).

No início da década de 1980, as empresas trabalhavam com *mainframes* – ou computadores de grande porte – armazenando dados e sistemas considerados indispensáveis ou estratégicos, já que o custo desses equipamentos era bastante alto. Nesse período foram desenvolvidos sistemas de inventário principalmente nos meios acadêmicos. Um desses sistemas foi o SIF (Sistema de Inventário Florestal), desenvolvido pelos professores João Carlos Chagas Campos e José Carlos Ribeiro, ambos do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. O sistema processava dados de cubagem e inventário de povoamentos equiâneos em ambiente DOS, utilizando a linguagem Pascal.

Durante os anos de 1990, o termo *downsizing* (processo de reestruturação organizacional) já estava em curso e muitos analistas do mercado de tecnologia prenunciavam o fim dos *mainframes*, com o processamento de informações em redes distribuídas. O *hardware* se tornou

mais barato e acessível, os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD's) se sofisticaram rapidamente e o conceito de OOP (Programação Orientada a Objetos) se solidificou no ambiente de programação. Além disso, a Internet já se projetava como uma das maiores revoluções dos últimos tempos, sendo comparada à própria revolução industrial.

Hoje, os *mainframes* ainda são utilizados em muitas empresas e linguagens como Cobol e Fortran ainda não foram aposentadas e seus códigos são responsáveis pelo processamento efetivo de dados envolvendo bilhões de dólares ao redor do mundo.

Toda essa evolução contribuiu para que os ambientes computacionais das empresas do setor florestal brasileiro se tornassem tão heterogêneos quanto as técnicas florestais aplicadas pelas mesmas.

Em vista disso, é pertinente inferir que um bom sistema de cubagem e inventário deva respeitar a estrutura computacional das empresas, funcionando de forma totalmente parametrizada, dispensando a personalização do mesmo em cada um dos ambientes em que venha a ser implantado.

Essa estratégia traz grandes benefícios para as empresas. O processo de implantação é mais rápido e barato, reduzindo substancialmente os investimentos em *hardware* e *software*, além de dispensar mudanças significativas na estrutura e rotina da empresa.

Analisando a estratégia pelo prisma da equipe de desenvolvimento, os benefícios também são consideráveis. Cria-se um produto consistente, apto a ser implantado na maioria das empresas, e minimiza a necessidade de manutenção do mesmo.

Para desenvolver um sistema com as características mencionadas acima, deve-se utilizar modernas técnicas como UML (*Unified Modeling Language* – Linguagem de Modelagem Unificada), OOP (*Object Oriented Programming* – Programação Orientada por Objetos) (BOOCH *et al.*, 2000), e bancos de dados relacionais que suportam SQL (*Structure Query Language* – Linguagem de Consulta de Dados Estruturada), além de permitir a conexão com bancos de dados relacionais e não-relacionais para importar os dados a serem processados e exportar os resultados obtidos.

## 1.1. Objetivos

Coerente com as considerações anteriores, o presente estudo teve como objetivo construir um sistema auto-suficiente para armazenar, processar e publicar dados e resultados de cubagem de árvores e de inventário de povoamentos equiâneos de forma integrada e consistente, utilizando técnicas de engenharia de *software* e desenvolvimento de sistemas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foram feitas visitas técnicas a sete empresas do setor florestal brasileiro que se dispuseram a participar desse trabalho. Estas visitas tiveram o objetivo de identificar a plataforma computacional de cada empresa, como também verificar as técnicas utilizadas nas áreas de inventário e manejo florestal.

Na área florestal, foram discutidas as técnicas utilizadas em cada uma das empresas, montando um núcleo comum e mais tarde agregando os recursos específicos de cada uma, de forma que todas as empresas tivessem como implementar suas técnicas de cubagem de árvores e inventário, além de incorporar novas técnicas devido à implementação desse trabalho.

Na área de computação foi realizada uma prospecção de tecnologia considerando os parques computacionais das empresas e a viabilidade do sistema. A referência técnica para o desenvolvimento do sistema foi o sistema idealizado e desenvolvido pelos professores João Carlos Chagas Campos e José Carlos Ribeiro, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, durante a década de 1980.



## 2.1. Método de cubagem

O sistema utiliza a fórmula de Smalian para processar os dados de cubagem, sendo os volumes dos troncos ou seções obtidos, conforme Campos e Leite (2002), assim:

$$V = \left( \frac{g_1 + g_2}{2} \right) L = \left[ \frac{\left( \frac{\pi D_1^2}{40.000} \right) + \left( \frac{\pi D_2^2}{40.000} \right)}{2} \right] L$$

$$V = \frac{\pi}{80.000} (D_1^2 + D_2^2) L$$

em que

$V$  = volume do tronco, em  $m^3$ ;

$g_i$  = área seccional, dada por:  $g_i = \frac{\pi D_i^2}{40.000}$ , em  $m^2$ ;

$D_1$  e  $D_2$  = diâmetros nas extremidades 1 e 2 do tronco, em cm; e

$L$  = comprimento do tronco, em m.

## 2.2. Modelos hipsométricos e modelos volumétricos

O sistema foi desenvolvido de modo que o usuário pudesse criar modelos lineares próprios. Na fase de desenvolvimento foram implementados e testados os modelos citados por Belchior (1996) e por Campos e Leite (2002). Cabe mencionar os principais modelos, para altura ( $H$ ) e para volume ( $V$ ), que são:

$$\ln H = \hat{\alpha}_0 + \beta_1 \text{dap}^{-1} + \beta_2 \ln H d + \hat{\alpha} \quad \text{e} \quad \ln (V) = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \ln \text{dap} + \hat{\alpha}_2 \ln H + \hat{\alpha}$$

(SCHUMACHER e HALL, 1933).

Foi testada também a inclusão de modelos de *taper* e de modelos volumétricos múltiplos, como os modelos de Kozak *et al.* (1969), Guimarães e Campos (1995) e Leite *et al.* (1995), respectivamente,

$$Y^2 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \left(\frac{h}{H}\right) + \hat{\alpha}_2 \left(\frac{h}{H}\right)^2 + \hat{\alpha}$$

e

$$V_i = \hat{\alpha}_0 \text{dap}^{\hat{\alpha}_1} H^{\hat{\alpha}_2} e^{\hat{\alpha}_3 \frac{T_x}{\text{dap}}} \left[ 1 - \left(\frac{d_i}{\text{dap}}\right)^{1+\hat{\alpha}_4 d_i} \right] + \hat{\alpha},$$

em que

$$Y = \left(\frac{d}{\text{dap}}\right)$$

em que

$d$  = diâmetro na altura  $h$ , com ou sem casca;

$\text{dap}$  = diâmetro, com casca, medido na altura de 1,30 m;

$h$  = distância do solo até o ponto onde o diâmetro  $d$  é considerado;

$H$  = altura total;

$\beta_i$  = parâmetros de regressão ( $i = 0, 1, 2, 3, \text{ e } 4$ );

$\varepsilon$  = erro aleatório, sendo  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ .

$V_i$  = volume para o diâmetro comercial  $d_i$ ; e

$T_x = 0$ , para volume com casca e 1 para volume sem casca.

### 2.3. Amostragem

Conforme Campos e Leite (2002),

*Os métodos de amostragem em inventário florestal (IF) são baseados, quase sempre, no princípio da amostragem casual. No entanto, em circunstâncias em que o seu emprego torna-se difícil ou oneroso, alguma forma de amostragem sistemática é usada.*

Com base neste fato, optou-se por trabalhar apenas com estimadores e estatísticas da amostragem casual, com e sem estratificação.

#### **2.4. Hardware**

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizado um computador com processador de 1,2 GHz, memória RAM de 512 Mbytes e 80 GBytes de espaço em disco.

#### **2.5. 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.

Apesar de não se tratar de um sistema operacional *OpenSource* (*softwares* que são fornecidos aos seus usuários com a liberdade de executar, estudar, modificar e repassar sem que, para isso, os usuários tenham que pedir permissão ao autor do programa), sua adoção é justificada pelo fato de que todas as empresas envolvidas neste trabalho adotam o referido sistema operacional como plataforma de trabalho.

#### **2.6. Análise de requisitos**

A UML (*Unified Modeling Language*) "é uma linguagem gráfica para especificação, construção, visualização e documentação de um sistema de software" (BOOCH *et al.*, 2000). Segundo Furlan (1998), o método OOSE (*Object-Oriented Software Engineering*) é uma abordagem que focaliza casos de uso que fornece excelente suporte para a análise de modelos de requerimentos e análises que consistem no conjunto de casos de uso. A UML sintetiza os principais métodos existentes, sendo considerada uma das linguagens mais expressivas para modelagem de sistemas orientados a

objetos. Por meio de seus diagramas é possível representar sistemas de *softwares* sob diversas perspectivas de visualização. Facilita a comunicação de todas as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento de um sistema – gerentes, coordenadores, analistas, desenvolvedores – por apresentar um vocabulário de fácil entendimento. A UML foi utilizada neste trabalho principalmente para identificar e documentar os casos de uso envolvidos no sistema proposto.

## **2.7. Banco de dados**

Empregou-se o banco de dados Microsoft® Access®. Ele é um banco de dados relacional *desktop* de fácil instalação e operação por parte do usuário final, permitindo que alterações na base de dados do sistema fossem facilmente realizadas pelos usuários do sistema. Além disso, todas as empresas envolvidas possuíam licença de uso desse banco de dados, dispensando novos investimentos.

## **2.8. Linguagem de programação**

O sistema foi desenvolvido utilizando o Borland® Delphi®. 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 através da tecnologia ADO (*ActiveX Data Objects*). Sua tecnologia de *packages* (componentes) também contribui para uma grande produtividade no desenvolvimento de sistemas *desktop*.

## **2.9. Avaliação do sistema**

O sistema desenvolvido foi instalado e testado em sete empresas do setor florestal brasileiro voltadas para os mercados de carvão, celulose e serraria.

Para avaliar a eficiência do sistema foram processados dados de IFC (Inventário Florestal Contínuo) e de IFP (Inventário Florestal Pré-corte) em todas as empresas, mantendo os recursos computacionais e a rotina de trabalho das mesmas.

Foi avaliada também a flexibilidade do sistema, realizando alterações que as próprias empresas julgassem necessárias. Com isso, este trabalho acabou se tornando também um veículo de atualização tecnológica nas empresas, já que muitos processos foram discutidos e, muitas vezes, revistos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema é composto pelos módulos cubagem, cadastro e inventário e, de acordo com os conceitos de UML, pelos seguintes casos de uso (Figura 1):

- *Processar cubagens*: o usuário processa cubagens utilizando dados de campo armazenados em arquivos do tipo texto, gerados por coletores de dados, ou armazenados em planilhas eletrônicas.

- *Definir equações de volume*: o usuário cadastra equações de volume geradas pela cubagem ou equações já conhecidas, associando-as ao cadastro florestal. Estas equações são utilizadas para estimar o volume de madeira dos povoamentos florestais.

- *Definir cadastro florestal*: o usuário define o cadastro florestal da empresa dentro do sistema, indicando o banco de dados externo onde esses dados estão armazenados e a consulta a ser feita neste banco de dados.

- *Definir equações hipsométricas*: através da estratificação do cadastro florestal, são geradas equações de altura para estimar as alturas das árvores não mensuradas nos povoamentos florestais.

- *Processar inventário*: processamento dos dados de inventário, gerando resultados que posteriormente são publicados no banco de dados da empresa.

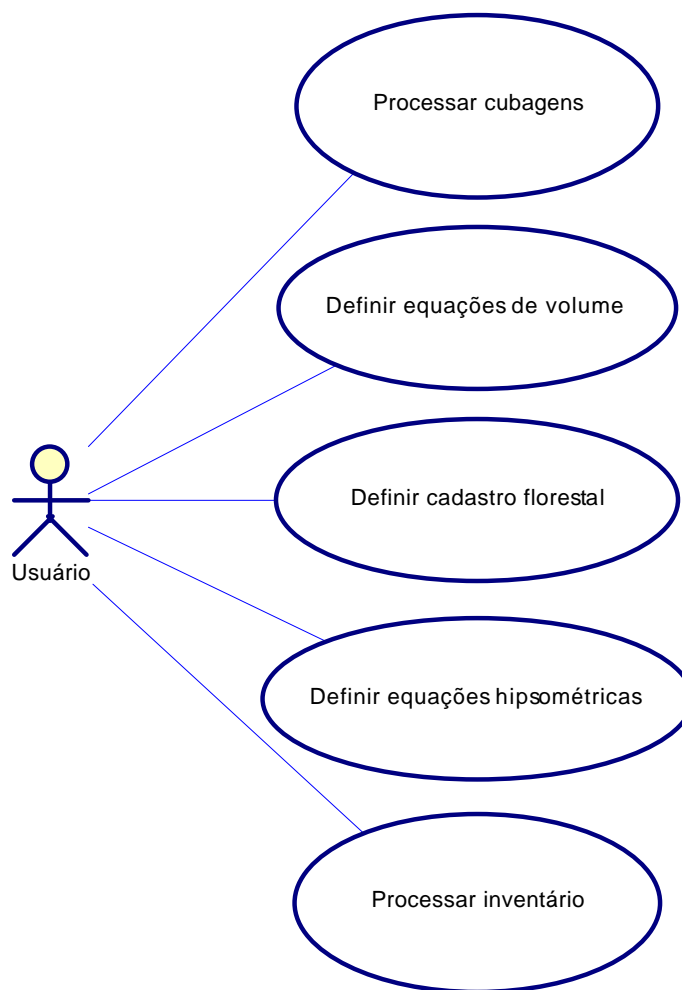


Figura 1 – Caso de uso do sistema.

### 3.1. Módulo de cubagem

O módulo de cubagem possui os seguintes casos de uso (Figura 2):

- *Importar dados*: o usuário importa os dados de cubagem armazenados em arquivos do tipo texto, gerados por coletores de dados, ou armazenados em planilhas eletrônicas.

- *Definir consistências*: o usuário define as consistências, que são critérios transformados em consultas SQL que, quando aplicadas ao conjunto de tabelas de dados de cubagem, identificam dados inconsistentes que são descartados no momento do processamento dos dados de cubagem.

- *Consistir dados*: o usuário consiste os dados de cubagem de acordo com as consistências definidas.

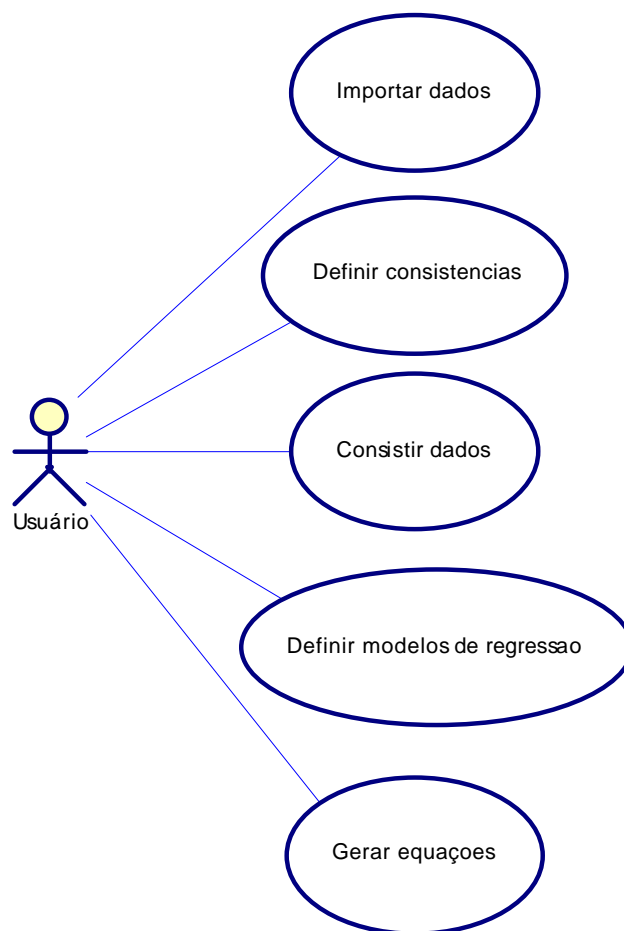


Figura 2 – Caso de uso do módulo de cubagem.

- *Definir modelos de regressão*: o usuário define modelos de regressão a serem utilizados na obtenção das equações de volume.

- *Gerar equações*: o usuário gera equações a partir dos modelos selecionados.

### 3.1.1. Importação de dados

Para importação de dados de cubagem é necessário que seja fornecido um arquivo no formato texto, contendo os dados das árvores cubadas (número de identificação, dap e altura total da árvore) e de suas respectivas seções (posição da seção, diâmetro com casca e diâmetro sem casca ou espessura da casca) dispostos em colunas separadas por ponto e vírgula, tabulação ou outro separador definido pelo usuário, de acordo com o exemplo mostrado no Quadro 1.



Quadro 1 – Exemplo de arquivo de dados de cubagem para importação, em que dap (diâmetro a 1,30 m do solo), em cm; altura, em m; posição em m; Diamcc (diâmetro com casca) em cm e Diamsc (diâmetro sem casca), em cm

Arvore	dap	Altura	Posição	Diamcc	Diamsc
1	18,9	20,8	0,1	24,1	20,7
1	18,9	20,8	0,7	19,9	17,7
1	18,9	20,8	1,3	18,5	16,7
1	18,9	20,8	2,0	17,1	15,5
1	18,9	20,8	4,0	16,3	14,9
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Para armazenar os dados de cubagem, o sistema possui três tabelas no banco de dados: *Cubagens*, *Cub\_arvores* e *Cub\_arvores\_secoes*.

O processo de importação lê os dados do arquivo, gravando-os nas tabelas *cub\_arvores* e *cub\_arvores\_secoes* do banco de dados do sistema.

Na tabela *Cubagens* são gravados os dados que identificam cada cubagem realizada e os padrões utilizados na realização das mesmas. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *Cubagem\_id*: identificação unívoca de cada cubagem no banco de dados;
- *Criacao*: data da criação da cubagem;
- *Atualizacao*: data da atualização da cubagem;
- *Descricao*: texto de identificação da cubagem;
- *Responsavel*: nome do responsável pela cubagem;
- *Anotacoes*: texto contendo anotações pertinentes à cubagem realizada como localidade, tipo de material genético e idade;
- *PadraoMedida*: identifica se foi medido o cap (circunferência na altura de 1,30 m) ou o dap (diâmetro na altura de 1,30 m) da árvore;
- *Casca*: indica se foi medida a espessura da casca nas seções;
- *ClasseDAP*: amplitude para classificação das árvores quanto ao dap; e
- *ClasseAltura*: amplitude para classificação das árvores quanto à altura.

Na tabela *cub\_arvores* são armazenados os dados de todas as árvores da cubagem. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *Arvore\_id*: identificação unívoca de cada árvore no banco de dados;
- *Cubagem\_id*: identificação da cubagem a qual cada árvore está associada;
- *Arvore*: número seqüencial da árvore dentro da cubagem;
- *Altura*: altura da árvore em m;
- *dap*: dap da árvore em cm;
- *VolumeCC*: volume com casca da árvore em m<sup>3</sup>, calculado de acordo com o método de Smalian;
- *VolumeSC*: volume sem casca da árvore em m<sup>3</sup>, calculado de acordo com o método de Smalian;
- *ClasseDiam*: número indicando a classe de dap da árvore;
- *ClasseAlt*: número indicando a classe de altura da árvore; e
- *Status*: número que identifica se a árvore será considerada no momento de análise dos modelos de regressão. Este número é definido na consistência dos dados da cubagem.

Na tabela *cub\_arvores\_secoes* são armazenados os dados de todas as seções das árvores medidas. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *Arvore\_id*: identificação da árvore a que se refere cada seção;
- *Posicao*: posição da seção medida em m;
- *DimCC*: diâmetro com casca da seção em cm;
- *VolCC*: volume com casca da seção em m<sup>3</sup>;
- *DiamSC*: diâmetro sem casca da seção em m<sup>3</sup>;
- *VolSC*: volume sem casca da seção em m m<sup>3</sup>;
- *Casca*: espessura da casca da seção em mm; e
- *Status*: número que identifica se a seção será considerada no momento de ajuste dos modelos de volume. Este número é definido na consistência dos dados da cubagem.

O modelo de dados do módulo de cubagem é apresentado na Figura 3.

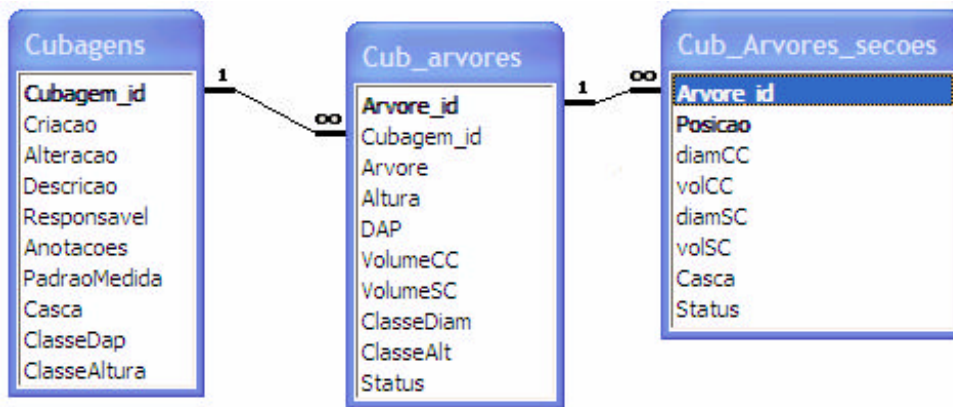


Figura 3 – Ilustração das tabelas do módulo de cubagem.

### 3.1.2. Consistência de dados

A consistência dos dados é feita após a importação de dados e também após a edição desses dados pelo usuário, num processo dividido em três fases:

#### *Cálculos básicos*

Calcula os volumes com casca e sem casca das seções pelo método de Smalian, totalizando o volume com casca e sem casca de cada árvore nas colunas *VolumeCC* e *VolumeSC*, respectivamente, na tabela *cub\_arvores*.

#### *Classificação*

Classifica as árvores da cubagem quanto à altura e o *dap*, de acordo com a amplitude definida na tabela *Cubagens* nas colunas *ClasseAltura* e *ClasseDAP*, respectivamente.

#### *Definição de status*

Tanto na tabela *Cub\_arvores* quanto na tabela *Cub\_arvores\_secoes* existe a coluna *status*, de acordo com o modelo de dados apresentado anteriormente. O valor da coluna *status* indica se a árvore ou seção será considerada na geração da equação de volume. Assim, para cada consistência cadastrada, o sistema executa o critério sobre o banco de dados, atribuindo o código da consistência à coluna *status*.

Os possíveis valores da coluna *status*, tanto na tabela *Cub\_arvores* quanto na tabela *Cub\_arvores\_secoes*, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Possíveis valores da coluna *status* nas tabelas *Cub\_arvores* e *Cub\_arvores\_secoes*

<b>Tabela</b>	<b>Situação</b>	<b>Significado</b>
<i>Cub_arvores</i>	<i>Status</i> < -1	Indica que a árvore contém um erro detectado pela consistência e não será considerada no processamento dos dados. O seu valor absoluto equivale ao número de identificação da consistência.
<i>Cub_arvores</i>	<i>Status</i> = -1	Indica que a árvore foi descartada pelo usuário e não será considerada no processamento dos dados.
<i>Cub_arvores</i>	<i>Status</i> = 0	Indica que a árvore será processada e que não foi encontrado nenhum tipo de erro ou advertência.
<i>Cub_arvores</i>	<i>Status</i> = 1	Indica que a árvore foi novamente incorporada aos dados a serem processados.
<i>Cub_arvores</i>	<i>Status</i> > 1	Indica que a árvore será processada, mas que existe uma advertência detectada pela consistência identificada pelo próprio valor da coluna <i>Status</i> .
<i>Cub_arvores_secoes</i>	<i>Status</i> < -1	Indica que a seção contém um erro detectado pela consistência e não será considerada no processamento dos dados. O seu valor absoluto equivale ao número de identificação da consistência.
<i>Cub_arvores_secoes</i>	<i>Status</i> = -1	Indica que a seção foi descartada pelo usuário e não será considerada no processamento dos dados.
<i>Cub_arvores_secoes</i>	<i>Status</i> = 0	Indica que a seção será processada e que não foi encontrado nenhum tipo de erro ou advertência.
<i>Cub_arvores_secoes</i>	<i>Status</i> = 1	Indica que a seção foi novamente incorporada aos dados a serem processados.
<i>Cub_arvores_secoes</i>	<i>Status</i> > 1	Indica que a seção será processada, mas que existe uma advertência detectada pela consistência identificada pelo próprio valor da coluna <i>Status</i> .

No Quadro 3 são apresentadas algumas consistências de dados de cubagem usualmente utilizadas.

Quadro 3 – Exemplos de consistências de dados de cubagem

ID	Tipo	Nível	Expressão	Status	Descrição
1	Erro	Árvore	$Dap \leq 0$	-1	Dap da árvore tem que ser maior que zero.
2	Erro	Seção	$DiamCC < DiamSC$	2	Diâmetro com casca da seção deve ser maior que o diâmetro sem casca.
3	Advertência	Árvore	$Altura > 80$	3	Árvores devem ter altura menor ou igual a 80 m.
4	Advertência	Seção	$DiamCC > 60$	4	Diâmetro com casca da seção deve ser menor ou igual a 60 cm.

### 3.1.3. Obtenção da equação de volume

Com os dados consistidos, o próximo passo numa cubagem é obter a equação de volume.

O sistema possui um cadastro de modelos de regressão, o que facilita a escolha daquele de maior precisão. Para este trabalho foram cadastrados os modelos encontrados em Belchior (1996) e em Campos e Leite (2002).

Os modelos são ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados, disponibilizando ao usuário as análises estatísticas do processo, como também gráficos para análise visual do comportamento dos resíduos das equações, sendo possível identificar e descartar *outliers*.

A equação de volume, obtida pelo ajuste do modelo, é gravada na tabela de equações *Inv\_equacoes* na coluna *Equacao\_expressao*, para que ela possa ser utilizada na estimativa de volumes no inventário florestal. A estrutura da tabela *Inv\_equacoes* é formada pelas seguintes colunas:

- *Equacao\_id*: identificação da equação de volume;
- *Equacao\_titulo*: título da equação;
- *Equacao\_expressao*: expressão de cálculo da equação de volume;
- *Equacao\_sortimento*: identifica a que sortimento a equação se refere (com casca ou sem casca); e
- *Equacao\_annotacoes*: anotações referentes à equação de volume.

### 3.2. Módulo de cadastro florestal

O módulo de cadastro florestal é dividido em três casos de uso, de acordo com a Figura 4:

- *Definir conexão ADO*: o usuário define a conexão ADO a ser utilizada para acessar o cadastro florestal no banco de dados corporativo da empresa.

- *Definir consulta SQL*: o usuário define a consulta SQL no banco de dados corporativo que retornará os registros do cadastro florestal.

- *Sincronizar cadastro florestal*: o usuário sincroniza os dados do cadastro florestal atualizando a base de dados do sistema desenvolvido.

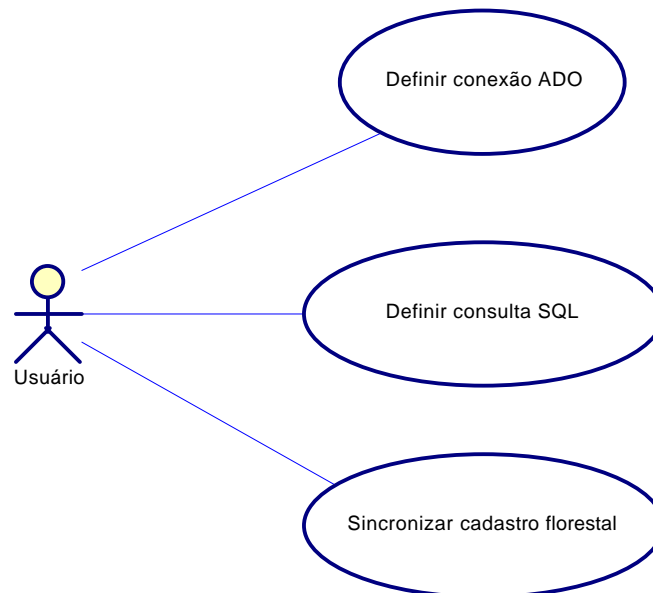


Figura 4 – Caso de uso do módulo de cadastro florestal.

#### 3.2.1. Definição do cadastro florestal

No contexto do sistema, o cadastro florestal foi definido como sendo o conjunto de informações sobre o atual estado da floresta; isto é, sua organização espacial (unidades, fazendas, projetos e talhões) com suas respectivas áreas, material genético existente, data de implantação, espaçamento inicial, idade e outras informações que o usuário considere necessárias para a avaliação dos dados de inventário.

Analisando a utilização de outros sistemas de inventário e a rotina das empresas, observou-se que as informações necessárias no cadastro florestal para inventário não são as mesmas necessárias para o gerenciamento de atividades de colheita e silvicultura, por exemplo. Nesse intuito, foi idealizada uma estrutura que permitisse:

- manter os dados do cadastro florestal de acordo com as necessidades da área de mensuração;

- não interferir na atual estrutura de dados e rotina de processamento das empresas;

- permitir a atualização dos dados do cadastro florestal com um mínimo de esforço por parte do usuário; e

- prover autonomia para a área de mensuração florestal com relação à base de dados do cadastro, permitindo que o usuário decida sobre a atualização ou não dos dados com relação ao cadastro corporativo.

Para obter os benefícios acima, o sistema desenvolvido cria uma imagem do cadastro florestal através da importação dos dados armazenados no banco de dados corporativo utilizando a tecnologia ADO (*ActiveX Data Objects*) e da linguagem SQL (*Structure Query Language*). A tecnologia ADO permite a conexão do sistema com diversos formatos de dados (arquivos MDB, DB, DBF, XLS e outros), bem como conexão com os mais populares Gerenciadores de Banco de Dados (Oracle, DB2, Interbase, MS SQLServer e outros). Já a linguagem SQL possibilita que o usuário defina a consulta que construirá a imagem do cadastro florestal (Figura 5).

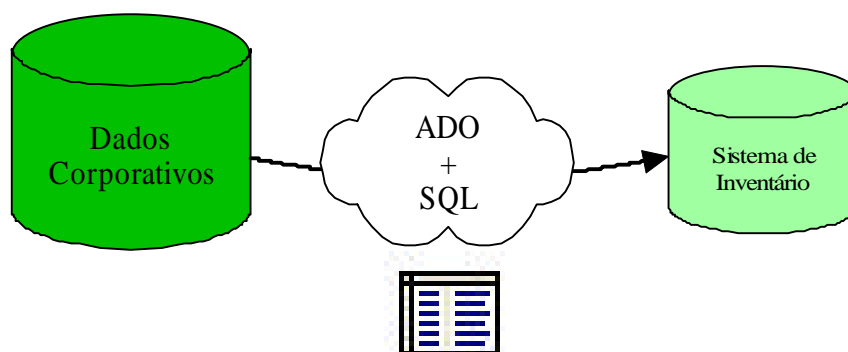


Figura 5 – Definição do cadastro florestal.

Para que essa imagem seja criada, além da conexão com o banco de dados e a consulta, é necessária a identificação da(s) coluna(s) que identificam univocamente cada linha do cadastro. Cada linha do cadastro é tratada como uma UI (Unidade de Inventário) no sistema.

O conceito de UI foi criado visando unificar a denominação de áreas dos cadastros florestais. Na maioria das empresas, a menor unidade de manejo é denominada *talhão*; entretanto, em outras empresas são utilizados os termos *estrato*, *quadra*, *povoamento* etc.

O sistema cria a tabela “Cadastro” que, além de conter as colunas da consulta, contém a coluna “UI” (unidade de inventário). Esta coluna é responsável pelo relacionamento entre o cadastro florestal e as parcelas, de acordo com o modelo de dados de inventário florestal ilustrado na Figura 6.

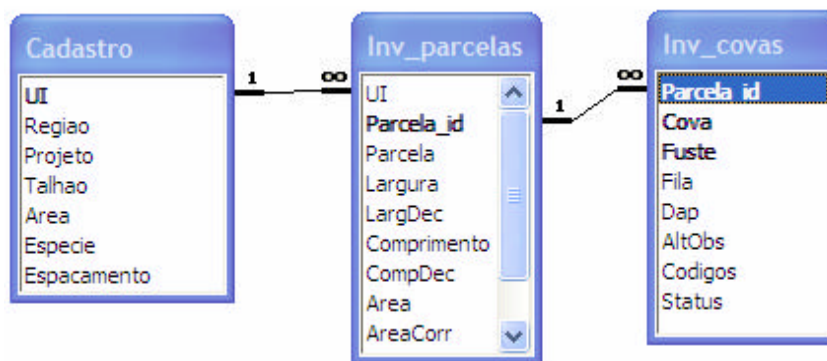


Figura 6 – Utilização do modelo de dados de inventário florestal.

### 3.2.2. Sincronização do cadastro florestal

O sistema sincroniza os dados do cadastro florestal através da conexão ADO e a consulta SQL previamente definidas. O sistema percorre os registros da consulta, procurando os valores da(s) coluna(s)-chave(s) na tabela *Cadastro*. Caso encontre o registro, todas as colunas do registro na tabela *Cadastro* são atualizadas, caso não encontre, é incluído um novo registro, criando uma nova UI (Unidade de Inventário). Em caso de existir algum registro na tabela *Cadastro* que tenha sido excluído da base de dados externa, este também é excluído, caso não existam parcelas lançadas na UI correspondente.



### 3.3. Módulo de inventário florestal

O processamento de dados de inventário florestal pressupõe três pré-requisitos: a) a existência de equações de volume; b) cadastro florestal atualizado e consistido; e c) dados coletados de parcelas e covas, tanto para IFC (Inventário Florestal Contínuo) quanto para IFP (Inventário Florestal Pré-corte).

É importante ressaltar que o volume de dados de inventário é, em geral, bastante grande. Por exemplo, em um inventário pré-corte de uma empresa com área de corte anual de 20.000 hectares, uma intensidade amostral de 1/1 parcelas por hectare e 60 árvores por parcela, serão 1.200.000 registros de árvores coletados. Só este número inviabiliza a utilização de planilhas eletrônicas para o processamento dos dados. Além disso, devido à grande área de corte anual, o controle do número de equações hipsométricas e de volume associadas a cada parcela fica extremamente difícil de ser feito através de planilhas.

O módulo de inventário é dividido em oito casos de uso (Figura 7):

- *Definir características qualitativas*: o usuário codifica as características qualitativas que serão observadas nos povoamentos durante a coleta dos dados de inventário florestal.

- *Coletar dados*: o usuário coleta os dados de campo através de coletores de dados e os importa para o sistema.

- *Definir consistências*: o usuário define as consistências que são critérios transformados em consultas SQL que, quando aplicadas ao conjunto de tabelas de dados de inventário florestal, identificam dados inconsistentes que são descartados no momento do processamento dos dados.

- *Consistir dados*: o usuário consiste os dados de inventário florestal de acordo com as consistências já definidas.

- *Definir equações hipsométricas*: o usuário define as equações hipsométricas que são utilizadas na estimativa das alturas das árvores dos povoamentos florestais que não foram medidas.

- *Associar equações de volume*: o usuário associa as equações de volume aos povoamentos florestais. Através dessas equações são estimados os volumes de madeira dos povoamentos florestais.

- *Gerar resultados*: o usuário define relatórios para serem processados.

- *Publicar resultados*: o usuário publica os resultados obtidos. Esta publicação de resultados é feita através da gravação dos resultados obtidos no banco de dados corporativo da empresa para que possam ser utilizados em outros sistemas.

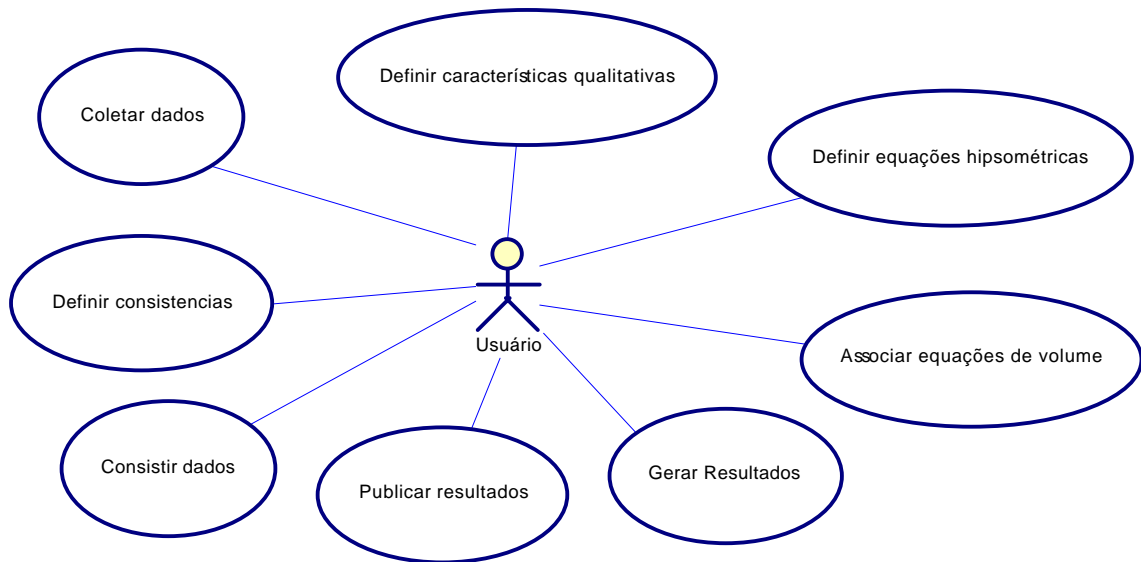


Figura 7 – Casos de uso do módulo de inventário florestal.

### 3.3.1. Definição de características qualitativas

A definição de características qualitativas é de fundamental importância para a análise de dados de inventário. Apesar de todas as empresas envolvidas neste trabalho coletarem e analisarem dados qualitativos, não foi encontrado um padrão de coleta nem de análise desses dados. Com isso, depreendeu-se da necessidade de se criar uma estrutura que permitisse a definição e análise desses dados da forma mais versátil possível, possibilitando a cada usuário definir seus próprios critérios sem que o sistema tivesse que sofrer qualquer tipo de alteração, tanto em termos de estrutura de dados quanto em sua codificação.

Para atingir esse objetivo foi definida a tabela *Inv\_situacoes* onde são cadastrados todos os códigos qualitativos. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *Codigo*: código da característica qualitativa analisada.

Ex.: N – fuste normal.

- *Descricao*: descrição da característica qualitativa analisada. Ex: Normal.

- *ExpCalculo*: expressão de cálculo do percentual. Ex:  $(N / \text{Fustes}) * 100$ .

Além dessa tabela, existem outros três padrões que devem ser definidos:

- Normal: código-padrão considerado quando nenhum dado é informado. Ex: N.

- Dominante: código utilizado para identificar árvores dominantes. Ex: D.

- Não-fuste: lista de códigos que indicam não se tratar de fustes. Ex: Falha (F), morta (M) e Dominada (A).

É importante salientar que a definição dos dados qualitativos interfere diretamente nos resultados de inventário florestal, pois é por meio dessas definições que se calcula o número de fustes por ha, sendo que a grande maioria dos resultados tem relação direta com essa variável.

As características qualitativas também são consideradas com atenção na programação dos coletores de dados, principalmente quando se trata de inventários florestais contínuos (IFC). Isto porque, para garantir maior qualidade na coleta de dados de campo, os coletores devem ser programados para armazenar os dados da medição imediatamente anterior. Com isso, o código digitado pelo operador é comparado com o código da medição anterior e inconsistências são imediatamente detectadas. Por exemplo, uma cova que tenha recebido o código F (falha) numa medição, não poderá receber qualquer outro código numa próxima medição. Um fuste com código Q (quebrado) não pode receber um código N (normal) numa próxima medição.

Apesar do foco deste trabalho ser no processamento dos dados de inventário, o sistema possui o recurso de exportar os dados de inventário florestal para coletores de dados, a fim de facilitar a carga desses coletores e, conseqüentemente, a consistência dos dados com relação às características qualitativas, conforme item subseqüente.

### 3.3.2. Coleta de dados

A coleta de dados de inventário recebe uma atenção especial, pois é muito importante para estudos de crescimento e produção. O sistema não só importa os dados de campo como também gera arquivos de retorno para que os coletores de dados sejam carregados com os dados da medição anterior. Com isso, cria-se um maior controle do processo, obtendo dados de campo de maior qualidade.

Em caso de utilização de coletores de dados, estes devem ser programados de modo que os dados digitados pelo operador sejam comparados com os dados da medição anterior e possam ser realizadas consistências em campo. Por exemplo, caso a cova tenha o código F (falha) na medição anterior, não é permitida a edição do registro, passando para o próximo. Quando digitados os dados de uma árvore, esses dados são comparados com os valores da medição anterior, alertando ao operador quando os valores digitados forem menores que os valores da medição anterior.

Foi encontrada uma grande diversidade de equipamentos e rotinas envolvidas na coleta de dados nas empresas estudadas. Dentre as situações encontradas destacam-se:

- os dados são anotados em formulários de campo e posteriormente são digitados em planilhas no escritório;
- uso de coletores de dados com sistema operacional DOS 6.1 e restrições quanto a espaço para armazenamento de dados e quanto à memória disponível para programação; e
- uso de *palmtop's* possibilitando integração total com o sistema *desktop* no escritório.

Diante disso, foi adotado o padrão ASCII para os arquivos de dados de inventário tanto para importação como para transferência para os coletores. Adotando este padrão, a rotina de transporte de dados entre o sistema e os coletores foi padronizada e não foram necessários ajustes nos coletores nem nos formulários das empresas.

Para a importação de dados de inventário, o arquivo deve conter dados de:

- *Cadastro florestal*: em cada linha do arquivo deve existir o(s) campo(s) do cadastro florestal que permita(m) que o sistema encontre a UI (Unidade de Inventário) e faça a conexão entre a parcela e a UI. Como exemplo, o código do talhão deve estar no arquivo. As outras informações referentes ao talhão já estarão armazenadas na tabela *Cadastro*.

- *Parcelas*: são dados referentes à parcela de acordo com o modelo de dados apresentado na seção anterior. Os campos que devem estar no arquivo são: número da parcela, comprimento, largura, declives e data de medição. Os outros campos são devidamente calculados pelo sistema. Estes dados devem se repetir para todas as linhas de uma mesma parcela.

- *Covas*: cada linha do arquivo de dados representa um fuste e em caso de árvores com mais de um fuste, repetem-se os dados do cadastro florestal, da parcela e o número da cova, anotando seqüencialmente os números dos fustes. Os campos que devem estar no arquivo são: fila, cova, fuste, dap, altura e códigos qualitativos. No Quadro 4 é apresentado um exemplo de arquivo para importação de dados de inventário.

Quadro 4 – Exemplo de arquivo para importação de dados de inventário, em que: Comp (comprimento da parcela), em m; Larg (largura da parcela), em m; dap (diâmetro a 1,30 m do solo), em cm; altura, em m e Codigos (códigos qualitativos)

Talhão	Parcela	Comp	Larg	Fila	Cova	Fuste	dap	Altura	Códigos
1	1	30,0	21,0	1	1	1	11,8	0	T
1	1	30,0	21,0	1	2	1	10,8	0	I
1	1	30,0	21,0	1	3	1	9,6	0	I

Para armazenar os dados de inventário florestal, o sistema desenvolvido possui duas tabelas em seu banco de dados: *Inv\_parcelas* e *Inv\_covas*. O processo de importação lê os dados do arquivo fornecido pelo usuário, gravando-os nestas tabelas.

Na tabela *Inv\_parcelas* são gravados os dados das parcelas. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *UI*: unidade de inventário onde se localiza a parcela;
- *Parcela\_id*: identificação unívoca da parcela;
- *Comprimento*: comprimento da parcela em m;
- *CompDec*: declividade do comprimento da parcela em graus;
- *Largura*: largura da parcela em m;
- *LargDec*: declividade da largura da parcela em graus;
- *Area*: área da parcela em m<sup>2</sup> obtida pelo produto entre Comprimento e Largura;

- *AreaCorr*: área corrigida da parcela em m<sup>2</sup> obtida pela expressão  $[\text{Comprimento} * \text{Cos}(\text{ArcCos}(-1) * \text{CompDec}/180)] * [\text{Largura} * \text{Cos}(\text{ArcCos}(-1) * \text{Largdec}/180)]$ ;

- *Medicao*: data de medição da parcela;
- *AltDom*: altura dominante da parcela; e
- *Status*: número que identifica se a parcela será considerada no momento de processamento dos dados. Este número é definido no cadastro de consistências de dados de inventário.

Na tabela *Parc\_covas* são armazenados os dados das covas em cada parcela. Esta tabela contém as seguintes colunas:

- *Parcela\_id*: identifica a que parcela pertence os dados de covas;
- *Parcela*: número seqüencial da parcela dentro da UI (Unidade de Inventário);
- *Cova*: número seqüencial da cova dentro da parcela;
- *Fuste*: número do fuste. Em caso de árvores bifurcadas, o número da cova se repete e o número do fuste é seqüencial para cada árvore na parcela;
- *Fila*: identificação da fila dentro da parcela;
- *Dap*: medida do dap do fuste em cm;
- *AltObs*: medida da altura do fuste em cm;
- *Codigos*: códigos de situação verificados no fuste; e
- *Status*: número que identifica se o fuste será considerado no momento de processamento dos dados. Este número é definido no cadastro de consistências de dados de inventário.

A rotina de importação dos dados de inventário percorre todas as linhas do arquivo e para cada uma delas realiza as seguintes tarefas:

a) Procura pela UI na tabela “cadastro”. Caso não encontre a UI e o usuário tenha indicado a possibilidade de inclusão de novas UIs, uma nova UI será criada e os campos do cadastro que estiverem no arquivo serão atualizados.

b) Procura pelo número seqüencial da parcela dentro da UI. Caso encontre, os dados serão atualizados; do contrário, será incluída uma nova parcela na UI.

c) Procura pelos números da cova e fuste dentro da parcela, atualizando ou incluindo os dados caso encontre ou não os registros dentro da parcela. Em muitos casos o operador não informa o número do fuste, apenas repete o número da cova (árvore). Neste caso, o usuário pode permitir que o sistema gere os números seqüenciais dos fustes automaticamente.

Para transferir os dados do sistema para os coletores de dados, é criado um arquivo de saída contendo, além dos campos do cadastro que o usuário indica, os dados das parcelas e covas gravadas no banco de dados.

### **3.3.3. Consistência de dados**

A consistência dos dados de inventário florestal deve ser feita após a importação dos mesmos pelo usuário.

Tanto na tabela *Inv\_parcelas* quanto na tabela *Inv\_covas* existe a coluna *status*, de acordo com o modelo de dados apresentado anteriormente. O valor da coluna *status* indica se a parcela ou cova será considerada no processamento dos dados. Assim, para cada consistência cadastrada, o sistema executa o critério sobre o banco de dados, atribuindo o código da consistência à coluna *status*.

Os possíveis valores da coluna *status*, tanto na tabela *Inv\_parcelas* quanto na tabela *Inv\_covas* são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Possíveis valores da coluna *status* nas tabelas *Inv\_parcelas* e *Inv\_covas*

Tabela	Situação	Significado
Inv_parcelas	Status < -1	Indica que a parcela contém um erro detectado pela consistência e não será considerada no processamento dos dados. O seu valor absoluto equivale ao número de identificação da consistência.
Inv_parcelas	Status = -1	Indica que a parcela foi descartada pelo usuário e não será considerada no processamento dos dados.
Inv_parcelas	Status = 0	Indica que a parcela será processada e que não foi encontrado nenhum tipo de erro ou advertência.
Inv_parcelas	Status = 1	Indica que a parcela foi novamente incorporada aos dados a serem processados.
Inv_parcelas	Status > 1	Indica que a parcela será processada mas que existe uma advertência detectada pela consistência identificada pelo próprio valor da coluna Status.
Inv_covas	Status < -1	Indica que a cova contém um erro detectado pela consistência e não será considerada no processamento dos dados. O seu valor absoluto equivale ao número de identificação da consistência.
Inv_covas	Status = -1	Indica que a cova foi descartada pelo usuário e não será considerada no processamento dos dados.
Inv_covas	Status = 0	Indica que a cova será processada e que não foi encontrado nenhum tipo de erro ou advertência.
Inv_covas	Status = 1	Indica que a cova foi novamente incorporada aos dados a serem processados.
Inv_covas	Status > 1	Indica que a cova será processada mas que existe uma advertência detectada pela consistência identificada pelo próprio valor da coluna Status.

No Quadro 6 são apresentadas algumas consistências usualmente utilizadas para consistência de dados de inventário.

Quadro 6 – Exemplos de consistências para dados de inventário florestal

ID	Tipo	Nível	Expressão	Status	Descrição
1	Erro	Cova	$(Dap > 0) \text{ and } (Codigos = 'F')$	-1	Foi informado o diâmetro de uma falha de plantio.
2	Advertência	Cova	$AltObs > 80$	3	Fustes devem ter altura menor ou igual a 80 m.
3	Advertência	Cova	$DAP > 60$	4	Diâmetro do fuste deve ter até 60 cm.



### 3.3.4. Definição de equações hipsométricas

Geralmente, no inventário florestal não são coletadas as alturas de todas as árvores das parcelas, sendo utilizadas equações específicas para estimar as alturas das árvores. Nessas equações é comum utilizar variáveis como *dap* e *AltDom* (altura dominante) como variáveis independentes.

Árvores dominantes são aquelas que melhor representam todas as árvores de uma parcela; não só com relação a sua altura, mas também com relação à forma da copa e às outras características físicas e qualitativas (CAMPOS e LEITE, 2002). Elas são identificadas anotando-se o código de árvores dominantes definido na tela de características qualitativas na coluna *codigos* da tabela *Inv\_covas* (ver definição de características qualitativas).

O sistema calcula a altura dominante de cada parcela por uma das seguintes alternativas:

a) média aritmética das alturas das árvores indicadas como dominantes na parcela; e

b) média aritmética das alturas das  $N$  árvores de maior *dap*,  $N = (AreaCorr / 100) + 1$ , em que *AreaCorr* é a área corrigida da parcela em  $m^2$ . Esta equação é utilizada considerando-se as 100 árvores de maior *dap* em 1 ha.

A segunda opção de cálculo da altura dominante é utilizada quando não são indicadas árvores dominantes nas parcelas. Essa altura é gravada na tabela *Inv\_parcelas*, na coluna *AltDom*.

Obtidas as alturas dominantes de todas as parcelas, é necessário aplicar o modelo hipsométrico para que se obtenham as equações de altura para cada UI (Unidade de Inventário). Para isso, o sistema oferece um importante recurso de estratificação do cadastro, permitindo que o usuário estratifique os dados, além de disponibilizar um cadastro de modelos.

Para cada estrato, o sistema carrega os dados das árvores com *dap* e altura observados maiores que zero e cujo *status* de consistência sejam maiores ou igual a zero.

Com as equações de cada estrato definidas, o sistema grava na tabela *Proc\_alt\_exp* as equações obtidas para que sejam aplicadas no momento de calcular os resultados de inventário. Com esta estrutura, o sistema garante a

documentação da estratégia utilizada pelo usuário na geração das equações hipsométricas (Tabela 7).

Quadro 7 – Exemplo de equações hipsométricas geradas para cada Unidade de Inventário (UI), em que: NParc (número de parcelas); Nfustes (número de fustes);  $R^2$  (coeficiente de determinação) e Syx (erro-padrão residual)

UI	Nparc	Nfustes	$R^2$	Syx	Expressão	Estratificação
561	29	614	0,748	0,1266	$\text{Exp}(1,425384 + (-4,463952 * 1 / Dap) + (0,590573 * \text{Ln}(\text{AltDom})))$	(Espacamento = 3,00 X 1,33) E (Especie = Eucalyptus urophylla)
...	...	...	...	...	...	...
956	190	11065	0,8847	0,1003	$\text{Exp}(1,345650 + (-4,578855 * 1 / Dap) + (0,623900 * \text{Ln}(\text{AltDom})))$	(Espacamento = 3,00 X 2,00) E (Especie = Eucalyptus urophylla)

### 3.3.5. Geração de resultados

Os resultados de inventário são obtidos através da confecção dinâmica de consultas SQL (*Structure Query Language*) no banco de dados. Estas consultas são construídas de acordo com as definições feitas pelo usuário e o resultado é apresentado em tabelas. Essas tabelas podem ser exportadas diretamente para editores de texto e planilhas eletrônicas, gravadas no próprio banco de dados do sistema ou publicadas no banco de dados corporativo da empresa.

Os resultados de inventário são divididos em cinco modalidades: individual, simplificado, classe de dap, qualitativo e estatístico. Exemplos desses relatórios são apresentados no item 5.

#### *Relatório individual*

Gera resultados por fuste, calculando a área basal, altura (igual à altura observada quando esta existe e igual à altura estimada caso não exista a altura observada), volumes de acordo com os sortimentos definidos pelo usuário e a classe diamétrica a que pertence cada fuste.

### *Relatório simplificado*

Gera resultados por parcela, calculando a idade da parcela em meses, altura dominante, altura mínima, altura média, altura máxima, *dap* mínimo, *dap* médio, *dap* máximo, diâmetro médio, área basal, número de covas, número de árvores, número de fustes, número de árvores bifurcadas, volumes dos sortimentos por ha, incremento médio anual e número de fustes por m<sup>3</sup>. Ver exemplo de relatório em anexo.

### *Relatório por classe de dap*

O usuário define a variável a ser considerada e o nível de abordagem do relatório. Os níveis de abordagem são: parcela, UI e estrato (neste caso, o usuário deve escolher os campos do cadastro que serão utilizados para a construção dos estratos).

### *Relatório qualitativo*

O sistema gera o relatório qualitativo de acordo com as características qualitativas e expressões de cálculo definidas pelo usuário. Este resultado pode ter três níveis de abordagem: parcela, UI e estrato (o usuário deve escolher os campos do cadastro que serão utilizados para a construção dos estratos). O usuário também escolhe a variável a ser considerada na análise: número de fustes, área basal ou um sortimento qualquer.

### *Relatório estatístico*

O sistema possui dois tipos de relatório estatístico: o simples e o estratificado. No segundo caso, o usuário deve informar os campos do cadastro que serão utilizados na estratificação dos dados. Nos dois casos, devem ser informados: o sortimento (volume com casca, volume sem casca ou volume para celulose) a ser processado, o nível de probabilidade e o erro de amostragem admissível.

### **3.3.6. Publicação de resultados**

Em todos os relatórios, o sistema disponibiliza o recurso de exportação de resultados para o banco de dados corporativo da empresa. Este recurso é

de grande importância, pois possibilita ao usuário publicar os resultados de suas análises apenas quando os mesmos estiverem consistentes. Essa versatilidade do sistema uma grande autonomia ao usuário e minimiza problemas com a administração do banco de dados corporativo.

### **3.4. Exemplo de aplicação**

Nesta seção é documentado um caso de uso com avaliação do *software* executado em uma das empresas participantes do trabalho.

- Roteiro para validação do *software*:

1. Instalação do sistema;
2. Definição de consistências para dados de cubagem;
3. Definição do modelo a ser utilizado na cubagem;
4. Importação de dados de cubagem;
5. Consistência dos dados da cubagem;
6. Obtenção da equação de volume;
7. Definição da equação obtida como “Geral”;
8. Definição do cadastro florestal;
9. Associação da equação de volume “Geral” às UIs do cadastro florestal;
10. Definição de características qualitativas;
11. Definição de consistências para dados de inventário;
12. Importação de dados de inventário;
13. Geração de equações hipsométricas;
14. Geração de resultados de inventário; e
15. Publicação dos resultados de inventário florestal.

**Passo 1:** Instalação do sistema: o sistema foi instalado através do arquivo Install.exe (Figura 8).



Figura 8 – Tela do módulo de instalação do sistema.

**Passo 2:** Definição de consistências para dados de cubagem: discutindo com a equipe de avaliação, foram definidas as regras para validação dos dados de cubagem. Em seguida, regras foram cadastradas como consistências (Figura 9).

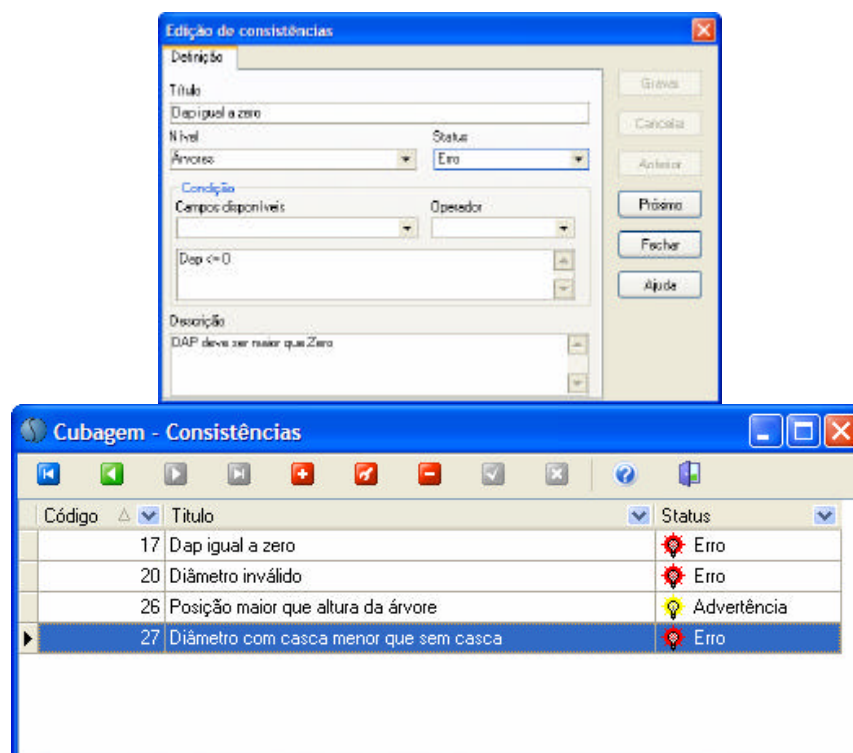


Figura 9 – Telas para definição de consistências para dados de cubagem.

**Passo 3:** Definição do modelo a ser utilizado na cubagem: a empresa utiliza o modelo de Shumacher e Hall para estimar o volume com casca dos povoamentos florestais. O modelo foi cadastrado através da tela de edição de modelos como mostrado na Figura 10.

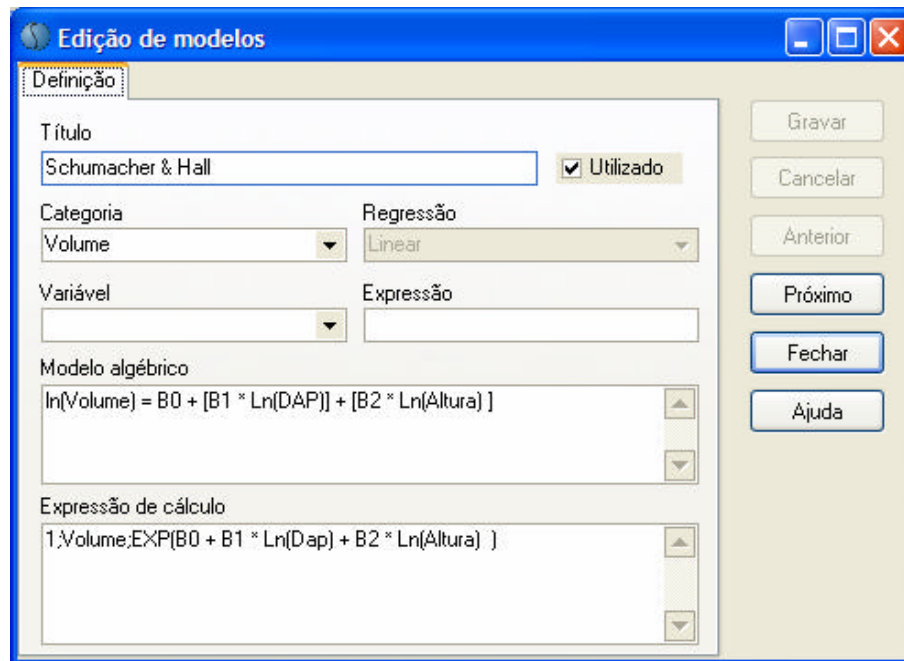


Figura 10 – Tela de definição de modelos.

**Passo 4:** Importação de dados de cubagem: foi escolhido um arquivo de dados de cubagem coletado pela empresa. Como o arquivo estava no formato xls (Excel), ele foi gravado como arquivo texto para que pudesse ser carregado pelo sistema. Na Figura 11 é ilustrada a tela de importação dos dados onde se especificam o arquivo a ser processado e as colunas do arquivo são mapeadas no banco de dados do sistema através da coluna *campo* da tabela de mapeamento de dados.

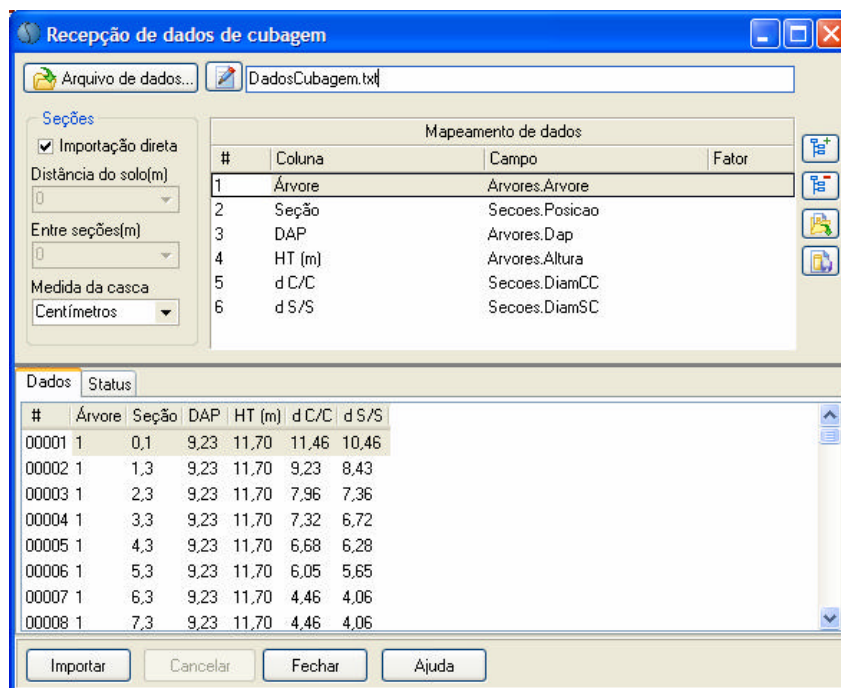


Figura 11 – Tela de importação dos dados de cubagem.

**Passo 5:** Consistência dos dados da cubagem: após a importação dos dados de cubagem, é utilizada a tela de consistência dos mesmos (Figura 12). O sistema indica as inconsistências encontradas e o usuário pode editar os dados, corrigindo eventuais erros de edição.

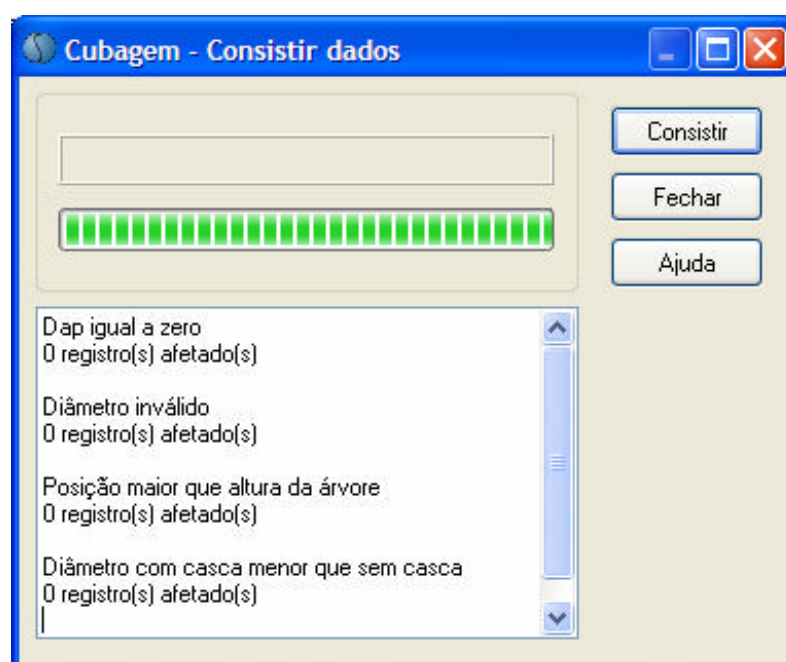


Figura 12 – Tela de consistência dos dados de cubagem.

**Passo 6:** Obtenção da equação de volume: é aplicado o modelo de Shumacher e Hall, definido anteriormente, aos dados da cubagem, obtendo a equação de volume. O usuário pode definir o sortimento a ser considerado (volume com casca ou volume sem casca) e definir filtros (ex.: considerar apenas árvores com dap maior que 10 cm). As análises estatística e gráfica estão disponíveis para que o usuário avalie o comportamento da equação e descarte *outliers* através dos recursos ilustrados na Figura 13.

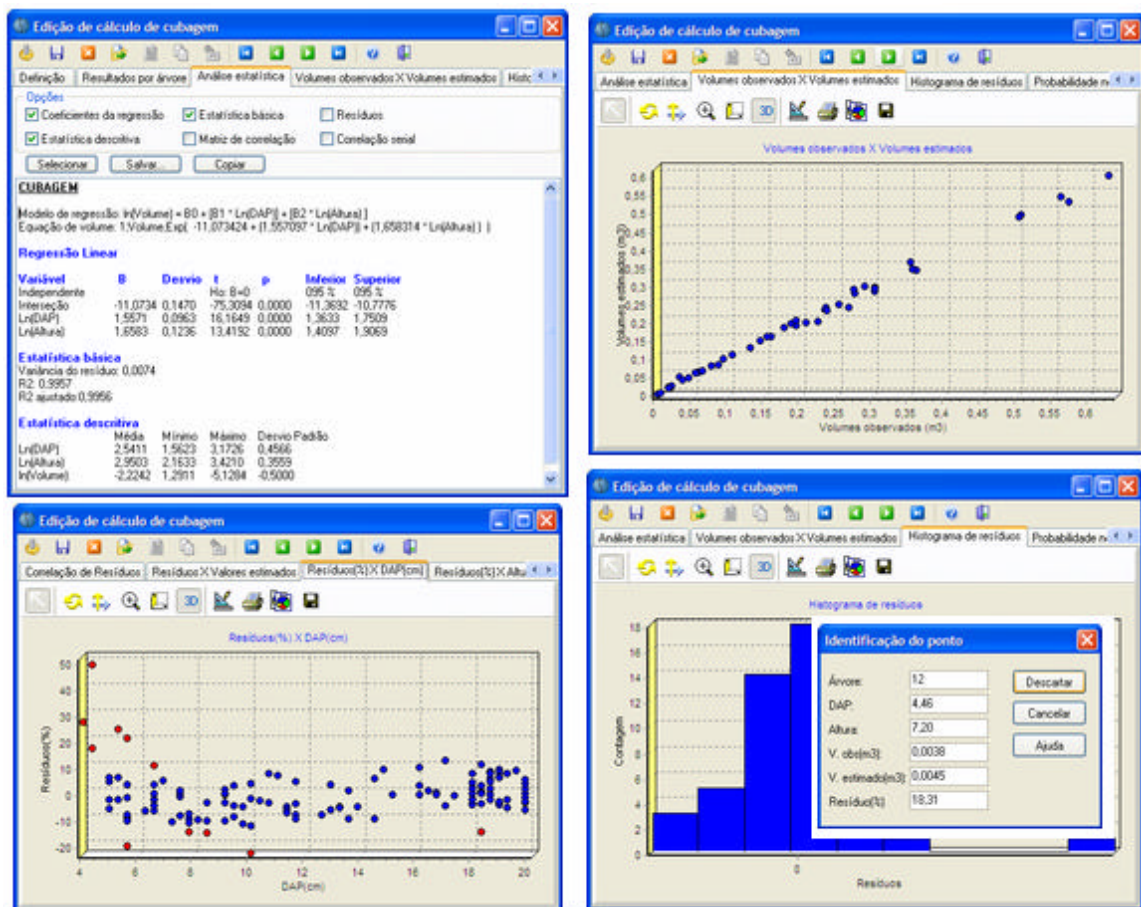


Figura 13 – Ilustração dos recursos disponíveis para avaliação de equações.

**Passo 7:** Definição da equação obtida como “Geral”: a equação obtida é transportada para o cadastro de equações, sendo cadastrada como “Geral”. Assim, esta equação fica disponível para ser utilizada na estimativa de volumes em povoamentos florestais que o usuário julgar pertinentes. O sistema trata de vincular a equação com a cubagem de onde ela foi obtida,



documentando toda a rotina do usuário. A Figura 14 ilustra a tela de transporte da equação gerada pela cubagem para o cadastro de equações de volume.

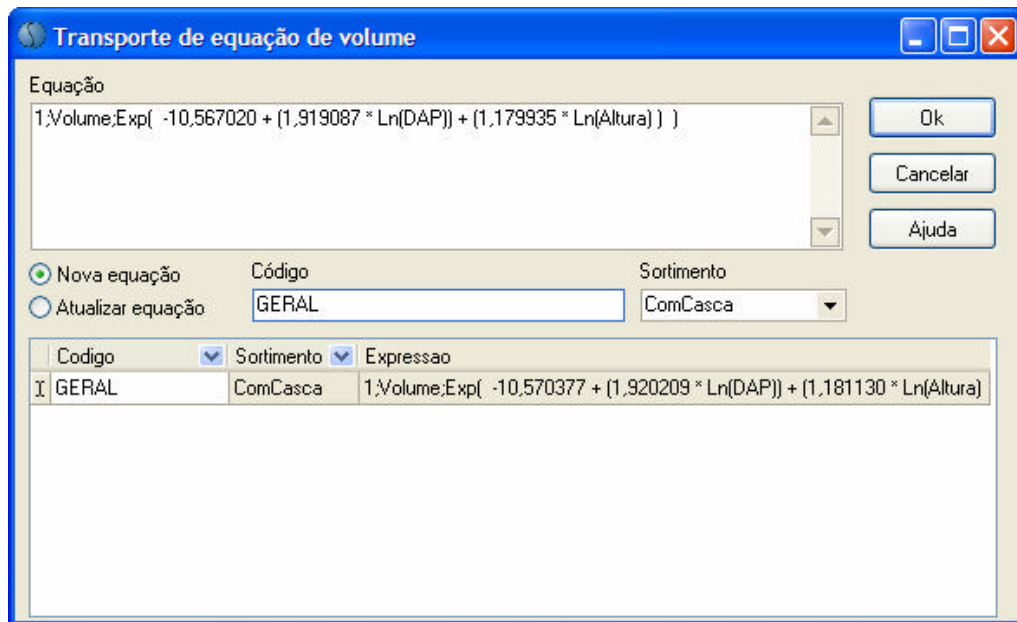


Figura 14 – Tela de transporte de equação para o cadastro de equações.

**Passo 8:** Definição do cadastro florestal: a definição do cadastro florestal começa pela definição do tipo de conexão a ser utilizada e a localização do banco de dados. Dependendo do banco de dados, serão requisitadas a identificação e a senha do usuário. Com o banco de dados cooperativo devidamente conectado pelo sistema, o usuário define e executa a consulta SQL. O resultado da consulta é apresentado ao usuário que, em seguida, define os campos que identificam univocamente cada linha do cadastro florestal montado. Para finalizar a definição do cadastro florestal, o usuário executa a rotina de sincronização dos dados para que o sistema leia a base de dados corporativa e atualize os registros da tabela *Cadastro* (Figura 15).

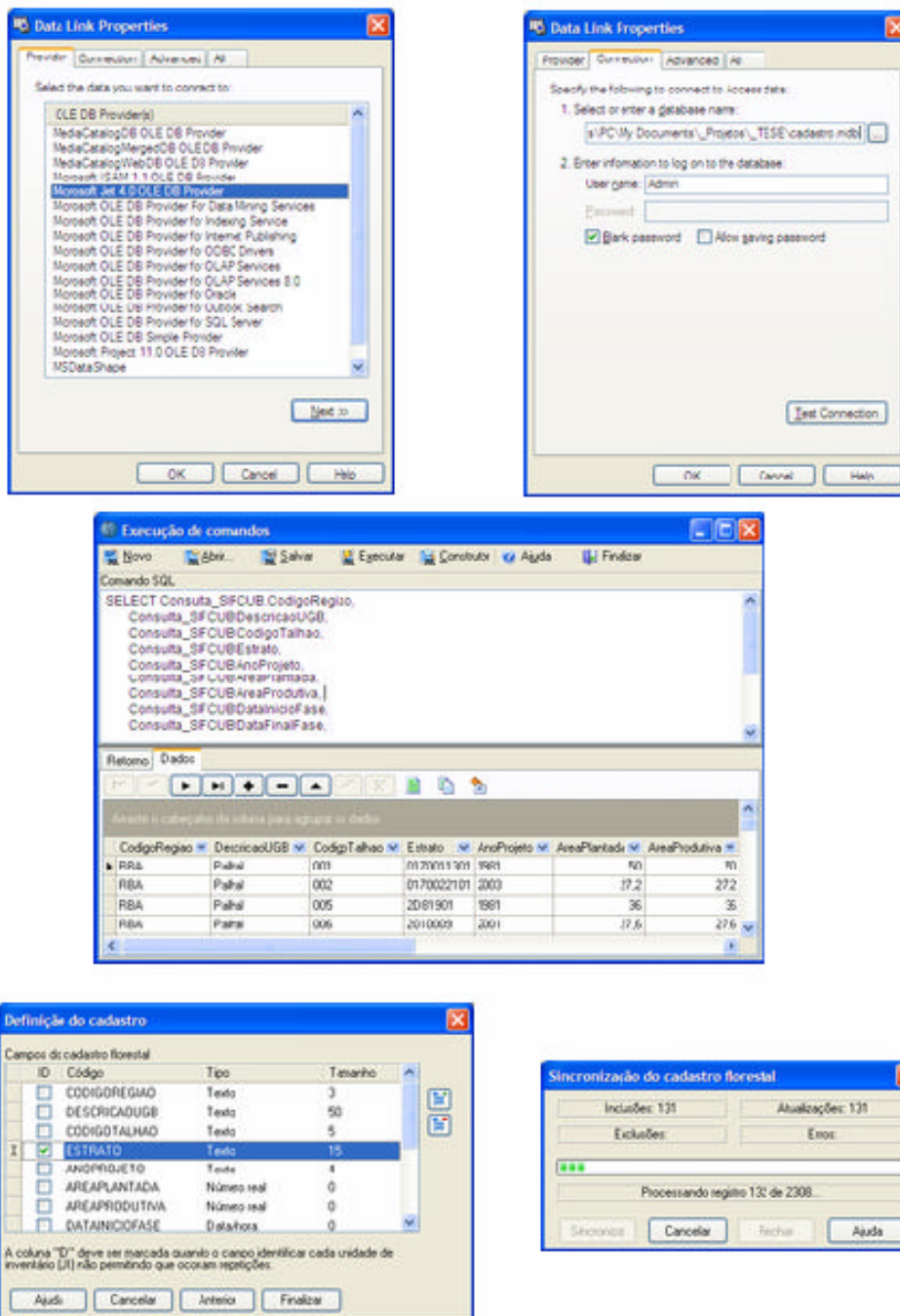


Figura 15 – Seqüência de passos para a definição do cadastro florestal.

**Passo 9:** Associação da equação de volume às UIs do cadastro florestal: a equação de volume obtida na cubagem e gravada no cadastro de equações de volume como “Geral” é atribuída a todas as UIs do cadastro. Numa situação real, existem diversas cubagens, e que geram muitas equações de volume. Estas equações são atribuídas às UIs segundo critérios definidos pelos

responsáveis pela área de inventário das empresas. Na tela indicada na Figura 16, o usuário tem a possibilidade de vincular e desvincular as equações de volume. Na parte superior dessa tela ficam as equações cadastradas no sistema para que o usuário selecione as equações a serem vinculadas. Abaixo da lista de equações o usuário define o filtro a ser aplicado no cadastro florestal para identificar as UIs que serão associadas às equações selecionadas. O botão *Verificar* aplica o filtro definido e os botões *Vincular* e *Desvincular* executam as respectivas funções de vincular e desvincular as equações selecionadas das UI's também selecionadas.

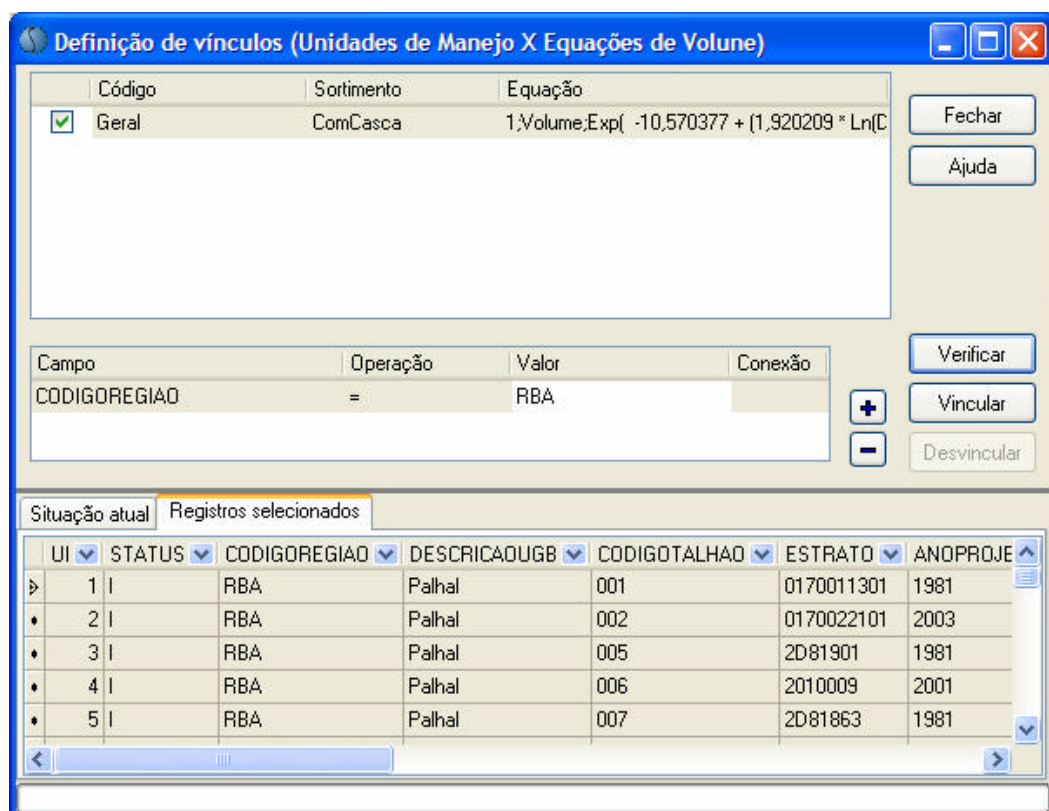


Figura 16 – Atribuição da equação de volume “Geral”.

**Passo 10:** Definição de características qualitativas: as características qualitativas são discutidas com a equipe de avaliação do sistema e cadastradas no sistema de acordo com a Figura 17. A base de cálculo é definida com muita atenção já que ela interfere em praticamente todos os resultados do inventário florestal.



Figura 17 – Definição de características qualitativas.

**Passo 11:** Definição de consistências para dados de inventário: as consistências já cadastradas no sistema são discutidas com a equipe, podendo ser incluídas novas consistências consideradas pertinentes. Os dados de inconsistentes detectados pelo sistema não são considerados na definição de equações hipsométricas nem na geração de resultados. Na Figura 18 são mostradas as telas de definição das consistências e o processo de consistência dos dados de inventário florestal.

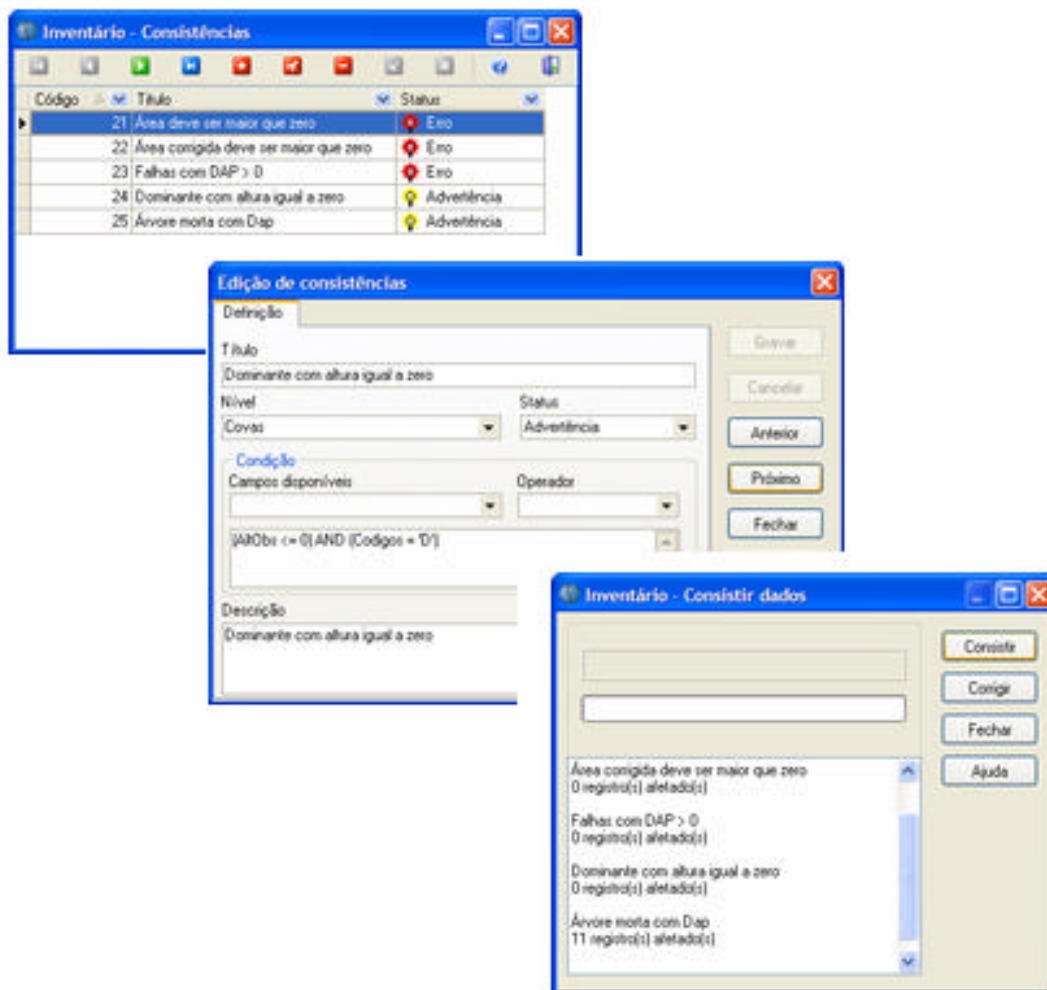


Figura 18 – Telas de consistência de dados de inventário florestal.

**Passo 12:** Importação de dados de inventário: os dados de inventário são importados de arquivos descarregados dos coletores de dados. De acordo com a Figura 19, o usuário informa o arquivo de dados a ser importado e mapeia as colunas do arquivo com os campos do cadastro florestal, parcelas e covas definidos no banco de dados do sistema. O usuário pode ainda forçar a inclusão de novas UIs no cadastro quando informações de povoamentos contidas no arquivo importado não estiverem presentes no cadastro florestal.

Geralmente a identificação de fustes é feita no coletor de dados. Mas em algumas empresas este procedimento não é adotado. Assim, o usuário pode determinar, por exemplo, que o sistema gere automaticamente a numeração dos fustes das árvores quando existirem árvores bifurcadas.

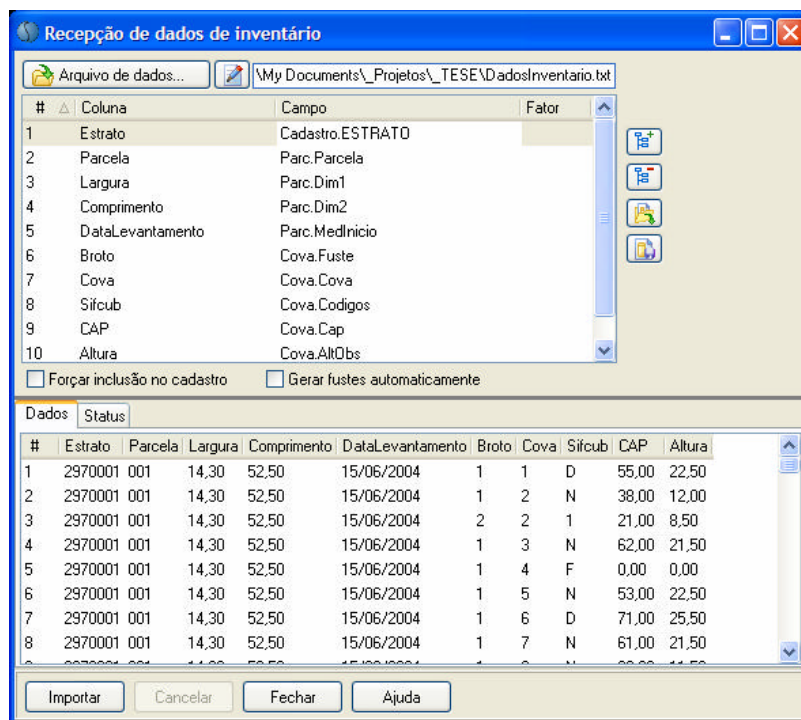


Figura 19 – Tela de importação de dados de inventário.

**Passo 13:** Geração de equações hipsométricas: o modelo hipsométrico utilizado nesse processamento foi o modelo de Campos:

$$\ln(AltEst) = B_0 + B_1 / dap + B_2 * \ln(AltDom) \text{ sendo:}$$

*AltEst*: Altura estimada pelo modelo;

*Dap*: Valor do dap das árvores das parcelas;

*AltDom*: Altura dominante da parcela.

Este modelo é descrito em Campos e Leite (2002) e foi utilizado por ser um modelo usual em inventários florestais de povoamentos equiâneos no Brasil. Como mostrado na Figura 20, os povoamentos florestais foram estratificados de acordo com a região, talhão e ano de implantação dos projetos. Esta estratificação foi feita apenas como exemplo, a fim de demonstrar o funcionamento da estratificação feita pelo sistema.

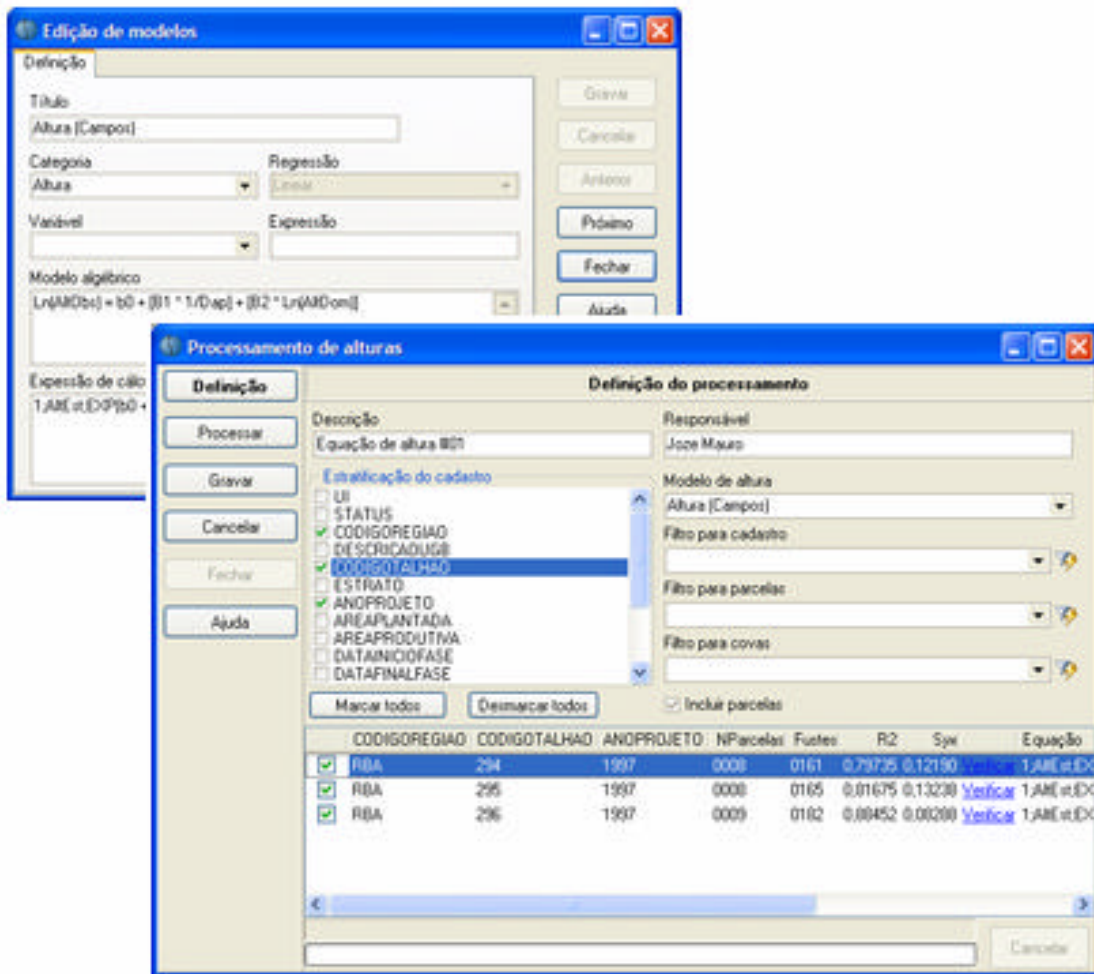


Figura 20 – Telas para obtenção das equações hipsométricas.

As equações hipsométricas são geradas para cada um dos estratos obtidos, ficando disponíveis para análise estatística e gráfica de acordo com a Figura 21.

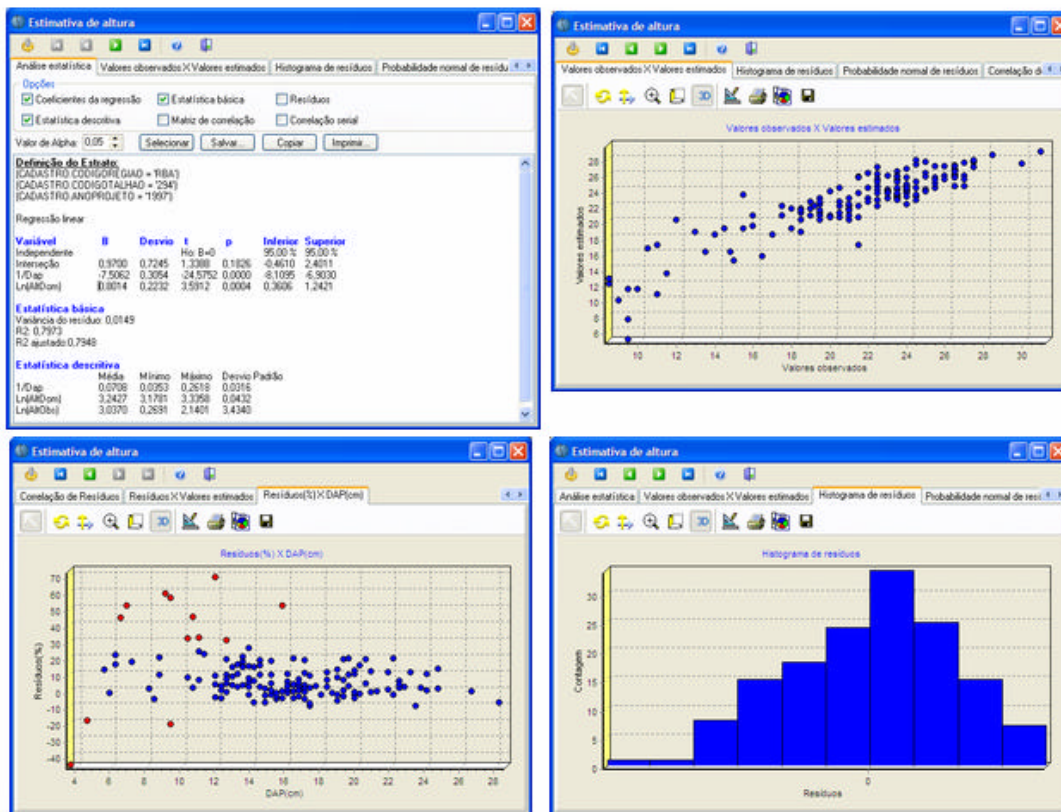


Figura 21 – Análise das equações hipsométricas geradas.

Cabe lembrar que modelos hipsométricos podem ser gerados por parcela, UI ou qualquer tipo de estrato definido.

**Passo 14:** Geração de resultados de inventário: de posse dos dados de cadastro, parcelas e covas, das equações volumétricas já associadas às unidades de inventário e das equações de altura, o sistema está pronto para processar os resultados de inventário.

Conforme pode ser visto na Figura 22, é necessário definir a equação de altura, a amplitude das classes de dap, o campo do cadastro utilizado na ponderação das médias dos estratos, o campo utilizado para calcular a idade das parcelas e a relação de relatórios a serem gerados.



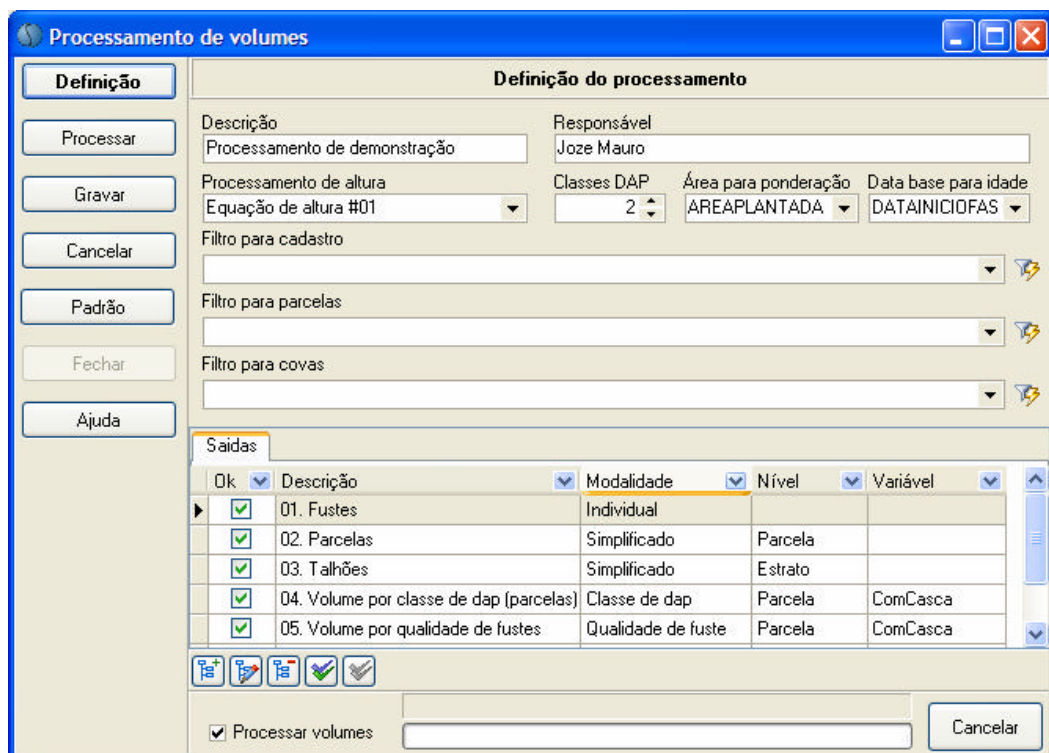


Figura 22 – Tela de processamento de dados de inventário florestal.

Em seguida, os relatórios são definidos pelo usuário, escolhendo as modalidades de cada um e definindo os parâmetros pertinentes, de acordo com a Figura 23.

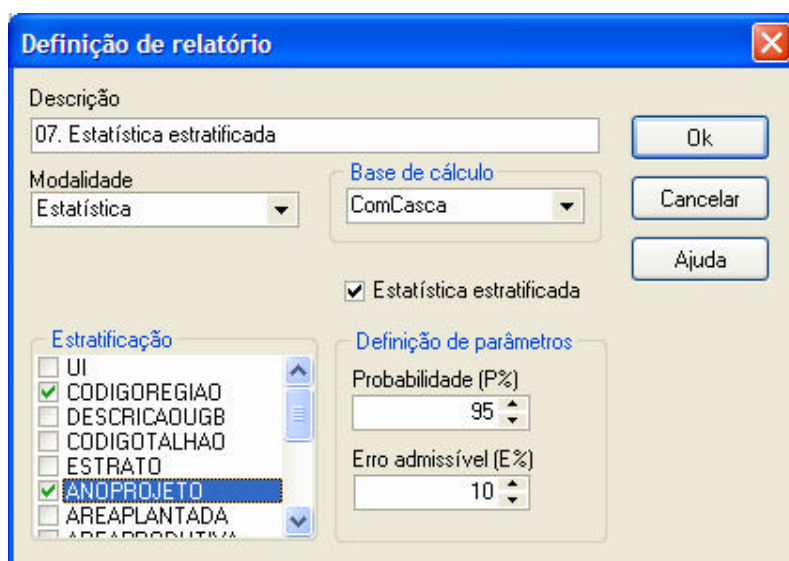


Figura 23 – Tela de definição de relatórios de inventário florestal.

Os resultados são apresentados em formato de planilhas, como indica a Figura 24. Estas planilhas podem ser copiadas diretamente para editores de texto e outras planilhas eletrônicas ou serem gravadas em arquivo.

Figura 24 – Resultados do inventário florestal.

**Passo 15:** Publicação dos resultados de inventário florestal: todos os resultados de inventário florestal gerados pelo sistema podem ser publicados no banco de dados corporativo de onde se buscou o cadastro florestal, na própria base de dados do sistema ou num outro banco de dados qualquer. O usuário escolhe o nome da tabela e define a identificação do processamento realizado. Caso a tabela já exista, o usuário pode mapear os campos da tabela de resultados na tabela equivalente dentro do banco de dados corporativo (Figura 25).

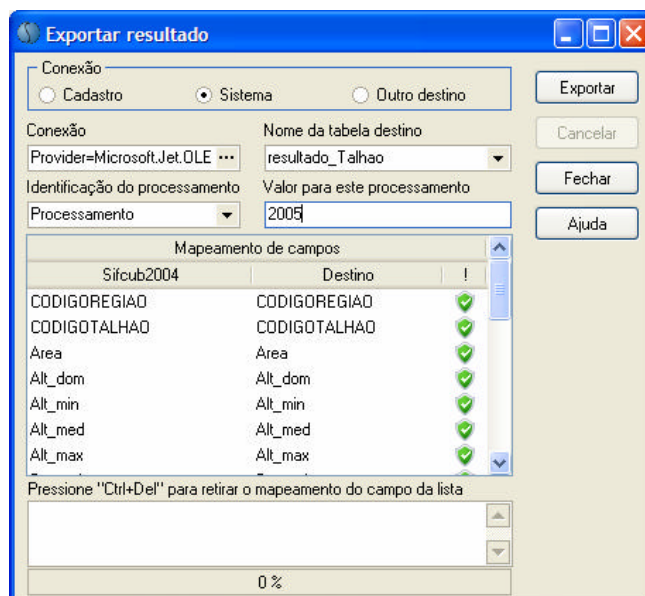


Figura 25 – Publicação de resultados.

### 3.5. Relatórios

Em cada inventário florestal, o usuário pode criar quantos relatórios considerar necessário. Todos os relatórios são disponibilizados em tabelas. Nos Quadros 8 a 13 e Figura 26 são apresentados alguns exemplos de relatórios gerados pelo sistema. Os relatórios foram transportados para o Microsoft® Excel® para receberem uma formatação final.

Os estimadores e variáveis indicadas nos Quadros 8 a 13 são assim identificados:

Parc.Area = área da parcela, m <sup>2</sup> ; DAP = diâmetro a 1,3 m de altura, cm; Alt.Obs = altura total observada, m; Altura = altura total estimada ou observada, m; Classe.dap = classe de diâmetro; g = área seccional, m <sup>2</sup> ; Hd = altura dominante, m; Hmin = altura mínima, m; Hmed = altura média, m; Hmax = altura máxima, m;	dapMin = dap mínimo, cm; dapMax = diâmetro máximo, cm; q = diâmetro médio (ou quadrático), cm; B = área basal, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ; Arvs/ha = número de árvore por ha; Bifurc/ha = número de árvores bifurcadas; IMA = incremento médio anual, m <sup>3</sup> /ha.ano
---	--

Quadro 8 – Exemplo de um relatório em nível de covas

UI	Talhao	Parcela	Parc.Area	Cova	Fuste	Fila	DAP	AltObs	Codigos	Altura	g	Classe.Dap	Volume
2643	007	20	216	1	1	1	16,1	23,0	N	23,0	0,020	016a018	0,1897
2643	007	20	216	2	1	1	17,5		N	25,4	0,024	016a018	0,2620
2643	007	20	216	3	1	1			F				
2643	007	20	216	4	1	1			M				
2643	007	20	216	5	1	1	20,3	27,0	N	27,0	0,032	020a022	0,3762
2643	007	20	216	6	1	1	12,8		N	21,9	0,013	012a014	0,1168
2643	007	20	216	7	1	1	14,6		N	23,4	0,017	014a016	0,1658
2643	007	20	216	8	1	1			M				
2643	007	20	216	9	1	1	16,7		N	24,9	0,022	016a018	0,2334
2643	007	20	216	9	2	1	13,9		N	22,9	0,015	012a014	0,1457
2643	007	20	216	10	1	1	21,0	27,0	N	27,0	0,035	020a022	0,3989
2643	007	20	216	10	2	1	19,4	27,0	N	27,0	0,030	018a020	0,3478
2643	007	20	216	11	1	2	22,0		N	27,7	0,038	022a024	0,4518
2643	007	20	216	12	1	2			M				
2643	007	20	216	13	1	2	10,8		A	19,7	0,009	010a012	0,0724
2643	007	20	216	14	1	2	13,8		N	22,8	0,015	012a014	0,1429
2643	007	20	216	14	2	2	15,8		N	24,3	0,020	014a016	0,2030
2643	007	20	216	15	1	2			M				
2643	007	20	216	16	1	2	17,5	26,2	M	26,2	0,024	016a018	0,2760

AB = árvore bifurcada; n = árvore normal; F = falha de plantio; e A = árvore dominada.

Quadro 9 – Exemplo de um relatório em nível de parcelas

UI	Talhao	Parcela	Idade	Alt_Dom	Alt_min	Alt_med	Alt_max	DAP_min	DAP_med	DAP_max	AB	Covas_ha	Arvs_ha	Fustes_ha	volume	lma	Fustes_m3	Beta	Gama
2640	6	4	63,75	26,35	12,50	22,10	26,50	7,80	14,23	21,00	24,31	1.667	694	1.528	239,7976	45,14	6,37	14,1714	3,8982
2643	7	20	50,73	27,35	15,06	23,01	28,70	7,70	16,11	22,80	28,32	1.667	1.157	1.389	300,3507	71,05	4,62	16,1835	2,6904
2644	8	13	63,75	28,60	13,00	23,04	29,20	7,10	15,03	21,60	28,76	1.713	1.065	1.620	313,0906	58,94	5,18	15,1924	2,9565
2645	9	9	41,92	22,90	12,24	20,08	23,90	6,90	14,46	20,10	20,52	1.713	833	1.250	168,7337	48,30	7,41	14,5809	4,3443
2647	10	21	42,12	21,55	10,31	17,56	21,90	6,10	12,18	18,40	17,26	1.667	1.065	1.481	122,7056	34,96	12,07	11,3650	3,0172
3439	11	7	42,12	23,20	12,14	19,12	23,40	6,80	12,75	17,80	24,25	1.620	1.204	1.898	192,7121	54,91	9,85	12,7541	3,5714

Beta e gama = parâmetros da função densidade de probabilidade Weibull.

Quadro 10 – Exemplo de resultado em nível de talhão

Talhao	Idade	Alt_Dom	Alt_min	Alt_med	Alt_max	dap_min	dap_med	dap_max	AB	covas_ha	Arvs_ha	Fustes_ha	Volume	Ima	Fustes_m3
6	63,75	26,35	12,50	22,10	26,50	7,80	14,23	21,00	24,31	1.667	694	1.528	239,80	45,14	6,37
7	50,73	27,35	15,06	23,01	28,70	7,70	16,11	22,80	28,32	1.667	1.157	1.389	300,35	71,05	4,62
8	63,75	28,60	13,00	23,04	29,20	7,10	15,03	21,60	28,76	1.713	1.065	1.620	313,09	58,94	5,18
9	41,92	22,90	12,24	20,08	23,90	6,90	14,46	20,10	20,52	1.713	833	1.250	168,73	48,30	7,41
10	42,12	21,55	10,31	17,56	21,90	6,10	12,18	18,40	17,26	1.667	1.065	1.481	122,71	34,96	12,07
11	42,12	23,20	12,14	19,12	23,40	6,80	12,75	17,80	24,25	1.620	1.204	1.898	192,71	54,91	9,85

Quadro 11 – Resultado de volume (m<sup>3</sup>/ha) por UI e característica qualitativa

UI	Talhão	Área (ha)	Dominada (m <sup>3</sup> /ha)	Cancro (m <sup>3</sup> /ha)	Dominante (m <sup>3</sup> /ha)	Inclinada (m <sup>3</sup> /ha)	Bifurcada (m <sup>3</sup> /ha)	Morta (m <sup>3</sup> /ha)	Normal (m <sup>3</sup> /ha)	Quebrada (m <sup>3</sup> /ha)
2640	6	9,32	-	-	35,38	-	125,69	-	96,60	-
2643	7	9,83	-	-	41,57	-	67,81	-	208,82	-
2644	8	28,31	-	-	42,42	-	129,86	-	161,49	-
2645	9	14,45	-	-	25,02	-	52,79	-	90,92	-
2647	10	23,00	-	-	17,27	-	46,58	-	69,00	-
3439	11	6,06	-	-	20,60	-	76,97	-	95,14	-

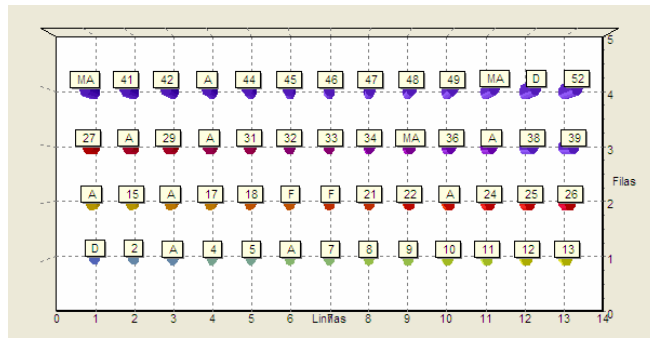
Quadro 12 – Exemplo de análise estatística simplificada

<b>Referência</b>	<b>Estatísticas ou Estimativas</b>
Probabilidade (%)	95
Erro admissível (%)	10
Valor de T calculado	2,57
Média dos diâmetros (cm)	14,1
Média das alturas (m)	20,8
Média das alturas dominantes (m)	25,0
Média das áreas basais (m <sup>2</sup> /ha)	23,90
Média de número de fustes (N/ha)	1.528
Análise estatística	
Volume médio (m <sup>3</sup> /ha)	222,90
Variância	5.660,54
Desvio-padrão (m <sup>3</sup> /ha)	75,20
Erro-padrão da média (m <sup>3</sup> /ha)	30,70
Erro de amostragem (%)	35,40
Coef. de variação (%)	33,80
Nº de parcelas real	6
Nº de parcelas ideal	75
Área Média das parcelas (m <sup>2</sup> )	216,00
Área Total do estrato (ha)	91,00
Intervalo inferior de confiança – média (m <sup>3</sup> /ha)	143,90
Intervalo superior de confiança – média (m <sup>3</sup> /ha)	301,90
Intervalo de confiança – população (m <sup>3</sup> ):	13.094,40
Intervalo de confiança – população (m <sup>3</sup> ):	27.459,70

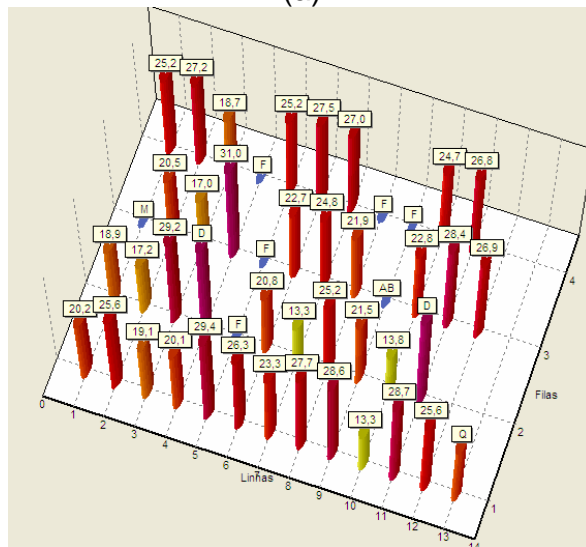


Quadro 13 – Exemplo de análise estatística estratificada

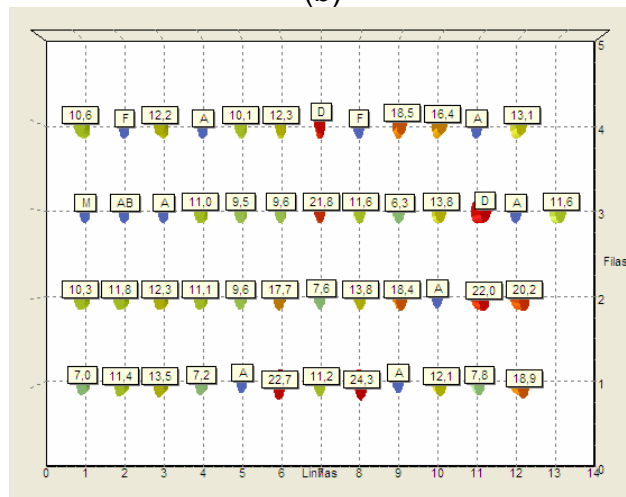
<b>Referência</b>	<b>Estatísticas ou Estimativas</b>
Número de parcelas pelo método de Neyman	18,21
Número de parcelas para alocação proporcional	18,25
Número total de parcelas	6
Área da população (ha)	90,97
Média do volume da população estratificada (m <sup>3</sup> /ha)	225,57
Variância da média da população estratificada	233,7031
Erro-padrão da média da população estratificada	15,2874
Estimativa do volume total (m <sup>3</sup> )	20520,05
Valor de T calculado	2,57
Erro de amostragem (m <sup>3</sup> /ha)	39,30
Erro de amostragem (%)	17,42
Intervalo inferior de confiança para a média (m <sup>3</sup> /ha)	186,27
Intervalo inferior de confiança para a média (m <sup>3</sup> /ha)	264,87
Intervalo inferior de confiança do total da população (m <sup>3</sup> )	16945,17
Intervalo superior de confiança do total da população (m <sup>3</sup> )	24094,93
Intervalo inferior de confiança (%)	208,15
Intervalo superior de confiança (%)	242,99
<b>Estrato #0001</b>	
Área (ha)	43,51
Proporcionalidade (0..1)	0,48
Média	161,38
Variância	1265,7417
Desvio-padrão	35,5773
Erro-padrão da média	20,5405
Número parcelas	3
Neyman	8
Proporcional	9
<b>Estrato #0002</b>	
Área (ha)	47,46
Proporcionalidade (0..1)	0,52
Média	284,41
Variância	1533,4746
Desvio-padrão	39,1596
Erro-padrão da média	22,6088
Número parcelas	3
Neyman	10
Proporcional	10



(a)



(b)



(c)

Figura 26 – Exemplos de representação de características quantitativas e qualitativas encontradas em três parcelas de inventário.

Na Figura 26 foram incluídos três exemplos de ilustração de características quantitativas e qualitativas encontradas em três parcelas diferentes. Esse tipo de saída permite visualizar a situação das parcelas num formato tridimensional, no momento de cada medição. No caso de um inventário florestal contínuo, as parcelas podem ser plotadas seqüencialmente, permitindo visualizar a evolução em termos de altura, mortalidade etc, isto é, mapear a parcela no tempo. Em (a), os números correspondem à numeração das árvores; em (b), os números sobre as barras verticais são as alturas totais das árvores; e em (c), os números correspondem aos diâmetros (dap). Qualquer informação mensurada na parcela pode ser visualizada nesse tipo de saída.

### **3.6. Avaliação do sistema**

O sistema desenvolvido foi implantado e utilizado para processar dados de IFC (Inventário Florestal Contínuo) e IPC (Inventário Florestal Pré-corte) em sete empresas. Nesses processamentos foram utilizados dados de cadastro florestal armazenados em diferentes bancos de dados, relacionais (SQLServer e Access) e não-relacionais (arquivos DBF e XLS). Foram contemplados diferentes cadastros florestais sendo que a maior base de dados montada para processamento foi composta por 3.653 UIs, 12.342 parcelas e 754.233 covas.

O sistema foi considerado auto-suficiente, importando, consistindo e processando dados; produzindo todos os resultados pertinentes à cubagem de árvores e inventário florestal sem a necessidade de utilização de outros *softwares*.

A conexão e o acesso ao cadastro florestal permitiram sincronizar os dados e publicar os resultados dos inventários processados pelo sistema, não exigindo para isso adaptações significativas na estrutura de banco de dados.

Neste trabalho, as rotinas de cálculo foram implementadas percorrendo cada registro das tabelas. Esta estratégia foi adotada porque em algumas equações foram utilizadas funções matemáticas não suportadas pela linguagem SQL. Esta estratégia se mostrou um pouco lenta com grandes volumes de dados e o processamento total dos mesmos numa única sessão de

uso. Este fato não foi considerado como uma deficiência visto que os dados são processados à medida que são importados. Uma possibilidade para contornar essa lentidão no processamento de grandes volumes de dados numa única sessão de uso é a implementação de *multi-threads*, onde um processo pode efetuar várias operações concorrentemente ou simultaneamente através de linhas de execução. Esta alternativa deverá ser avaliada em outras versões do sistema.

## 4. CONCLUSÕES

- O sistema desenvolvido é auto-suficiente na importação, consistência e processamento de dados de cubagem de árvores e de inventário florestal, dispensando a utilização de pacotes estatísticos, gráficos e de geração de relatórios.

- O sistema é capaz de se conectar a bancos de dados corporativos; importar, armazenar e consistir dados de cubagens de árvores e de inventário florestal.

- O sistema é capaz de gerar e publicar resultados de cubagens de árvores e de inventário florestal.

- O sistema organiza dados para estudo de crescimento e produção.

- Para serem aceitos no setor floresta, sistemas para inventário florestal devem possuir uma alta capacidade de conexão com bancos de dados corporativos, principalmente com dados referentes ao cadastro florestal.

- Tão importante quanto processar os dados de inventário florestal é a publicação dos resultados obtidos para que estes sejam utilizados em outros sistemas de forma transparente e rápida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELCHIOR, P. R. M. *Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em mata secundária no Município de Rio Vermelho, MG*. 1996. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *UML Guia do Usuário*. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 472 p. Programming Jakarta.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal*. Perguntas e respostas. 1. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2002. 407 p.

CANTÚ, M. *Dominando o Delphi 7 – A Bíblia*. São Paulo: Makron Books, 1997. 1090 p.

FREESE, F. *Elementary forest sampling*. U.S.D.A., Forest Service, 1962. 91 p. (Agric. Handbook, n. 232).

FURLAN, J. D. *Unified modeling language*. São Paulo: McGrawHill, 1998.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. *Forest mensuration*. New York: Wiley & Sons, 1982. 398 p.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. Taper functions and their applications in forest inventory. *Forest Chronicle*, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LEITE, H. G.; GUIMARÃES, D. P.; CAMPOS, J. C. C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. *Revista Árvore*, v. 19, n.1, p. 65-79, 1995.

LÖETSCH, F.; HALLER, K. E. *Forest inventory*. Vol. I. München: BLV, Verlagsgesellschaft, 1964. 436 p.

LÖETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. *Forest inventory*. Vol. II. München: BLV, Verlagsgesellschaft, 1973. 469 p.

PÉLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. (Ed.) *Inventário florestal*. Vol. 1, Curitiba-PR: UFPR, 1997. 316 p.

PEREIRA, A. J. *Emprego do método de Bitterlich em inventários florestais e em modelagem do crescimento e da produção*. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber volume. *Journal of Agricultural Research*, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SHIVER, B. D.; BORDERS, B. E. *Sampling techniques for forest resource inventory*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1996. 356 p.

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