

SISDIF – SISTEMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE DINÂMICA DE FLORESTA NATURAL POR MEIO DO PROCESSO DE DIFUSÃO

LUIZ MARCELO BRUM ROSSI¹
HENRIQUE SOARES KOEHLER²

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de apresentar um sistema computacional desenvolvido em linguagem de programação Visual Basic 6 para simulação da dinâmica florestal em povoamentos naturais empregando o processo de difusão na prognose e projeção da floresta. As simulações foram obtidas com o uso de uma base de dados de recrutamento, crescimento e mortalidade de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná observados durante dez anos em inventário contínuo e o uso de doze modelos de incremento diamétrico selecionáveis pelo usuário, além de opções de cálculo do recrutamento e da mortalidade de árvores, podendo-se realizar as simulações para o conjunto de todas as espécies ou isoladamente para araucária. O *software* também possibilita a seleção para o uso de dados de distintos períodos e intervalos de medição da floresta, a projeção da dinâmica da floresta, a análise de sensibilidade dos componentes da dinâmica no sistema e o processo de validação das prognoses em relação aos dados observados.

PALAVRAS-CHAVE: incremento diamétrico, recrutamento, mortalidade, modelagem de florestas, programação computacional.

SISDIF – A COMPUTATIONAL SYSTEM FOR NATURAL FOREST DYNAMICS SIMULATION BY DIFFUSION PROCESS

ABSTRACT: The primary objective of the present paper is to present a computational system developed in Visual Basic 6, which simulates the forest dynamics process of growth and prognosis for natural forests using the diffusion method. The database used to obtain the simulations contained measurements of recruitment, growth and mortality from a Mixed Hardwood Forest located at South of Paraná State, Brazil, collected in a continuous forest inventory, during a ten years period. The simulations are done by the selection of a growth equation, among twelve options, as well as by the selection of different procedures to calculate recruitment and mortality, according to the users will. The system allows the processing of the data set as a whole or by the selection of one species, *Araucaria angustifolia*, for different time and interval periods of forest measurement, showing results for the projections of forest dynamics, sensibility analysis and validation of the obtained results.

KEY-WORDS: diameter increment, recruitment, mortality, forest modelling, computational programming.

1. INTRODUÇÃO

As florestas são sistemas biológicos dinâmicos que estão sempre em contínua mudança e é necessário, muitas vezes projetar estas mudanças a fim de se obter informações importantes para a tomada de decisões vitais para o planejamento do manejo florestal. Na falta de dados de campo de longo prazo, os modelos de simulação florestal, que descrevem a dinâmica (recrutamento, crescimento, mortalidade), vem sendo utilizados largamente no manejo de florestas pela capacidade de atualizar inventários, predizer a produção futura e explorar

¹ Eng. Florestal, Dr., Pesquisador, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus – AM, mrossi@cpaa.embrapa.br

² Eng. Florestal, Dr., Professor, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, koehler@ufpr.br

alternativas de manejo e opções silviculturais, prever a composição de espécies e a estrutura e função do ecossistema sob determinadas condições ambientais. Dependendo da descrição e da estrutura dos processos do sistema de simulação, os modelos de crescimento e produção podem ser definidos e classificados de diversas formas. Entre estes, os modelos não espaciais para classes de povoamento expressam o desenvolvimento da floresta pela descrição da evolução das distribuições diamétricas. Existem três tipos fundamentais de processos para esta modelagem: funções probabilísticas, matrizes de transição e processos de difusão. O processo de difusão é um processo estocástico para a projeção da estrutura e crescimento de povoamentos, representado pela equação *forward* Kolmogorov ou equações de Fokker-Planck tendo como base a equação de difusão (Hara, 1984):

$$\frac{\partial}{\partial t} f(t, x) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [D(t, x) f(t, x)] - \frac{\partial}{\partial x} [G(t, x) f(t, x)] - M(t, x) f(t, x) \quad (\text{Equação 1})$$

onde: $f(t, x)$ é a densidade da distribuição do tamanho x e de idade t ; $G(t, x)$ é a média infinitesimal e equivale ao crescimento médio instantâneo do tamanho x e de idade t por unidade de tempo; $D(t, x)$ é o coeficiente de difusão ou variância infinitesimal, equivale à variância do crescimento do tamanho x e da idade t por unidade de tempo; $M(t, x)$ representa a mortalidade instantânea do tamanho x e de idade t por unidade de tempo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema informatizado para simulação da dinâmica de floresta natural com o uso do processo de difusão para projeção dos componentes da dinâmica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Sistema de Simulação de Dinâmica de Floresta Natural por Processo de Difusão, denominado SISDIF, foi desenvolvido com o uso da linguagem de programação *Visual Basic 6.0*[®]. Os dados básicos necessários para a simulação foram armazenados em arquivo do banco de dados *Access*[®] composto por seis tabelas: a) frequências; b) recrutamento e mortalidade; c) curva de recrutamento; d) modelos; e) resultados da simulação anual e f) resultados de simulação por classe diamétrica. Parte dos dados básicos foi processada no programa SCDFN (Köhler, 2002), tais como área basal, abundância, incremento, recrutamento e mortalidade. Outra parte dos dados integrantes do banco de dados foi obtida ajustando-se os modelos em programas estatísticos (*SPSS* e *Statistica*). Além disso, alguns dados foram gerados durante o processamento da simulação por algoritmos desenvolvidos para esta aplicação. A Figura 1 mostra o fluxograma com as fases de processamento do SISDIF. Os dados para uso no sistema foram obtidos a partir do inventário florestal contínuo durante dez anos realizado pelo Programa Ecológico de Longa Duração (PELD – Site 9) em uma área amostral de 3,5 ha na Estação Experimental de São João do Triunfo-PR. A simulação do sistema foi baseada no processo de difusão (Equação 1) para projeção do número de árvores por classe diamétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SISDIF inicia com a tela de apresentação do programa e uma tela do tipo *splash* e logo após é carregada a tela principal (Figura 1) com o sistema de menus. A barra de menus é composta de nove opções, das quais apenas três são habilitadas no início do programa. Após a abertura do arquivo do banco de dados é habilitada a opção “Parâmetros” na barra de menus, possibilitando a seleção dos três parâmetros para a simulação da dinâmica: espécie, período de dados e modelo de incremento diamétrico (Figura 2). O botão “Espécie” carrega a tela que possibilita a seleção do conjunto de dados para a simulação da dinâmica: dados de toda a floresta (todas as espécies) ou somente dados relativos à *Araucaria angustifolia*. Após é feita a seleção do número de anos e período de tempo da base de dados de mensurações por meio

da tela mostrada na Figura 2, por último é carregada a tela para seleção de um dos doze modelos de incremento diamétrico desejado, além de uma opção em que o sistema busca pela equação com menor erro padrão estimado do conjunto de dados e período desejados, selecionados nas telas anteriores.

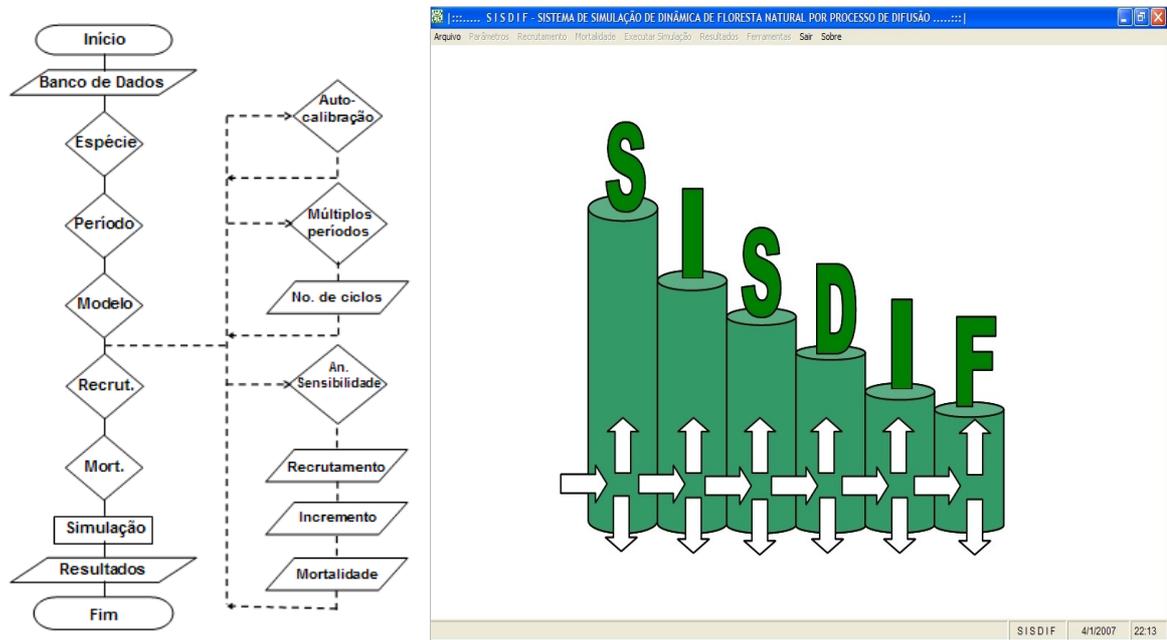


Figura 1 – Fluxograma e tela principal do sistema SISDIF.

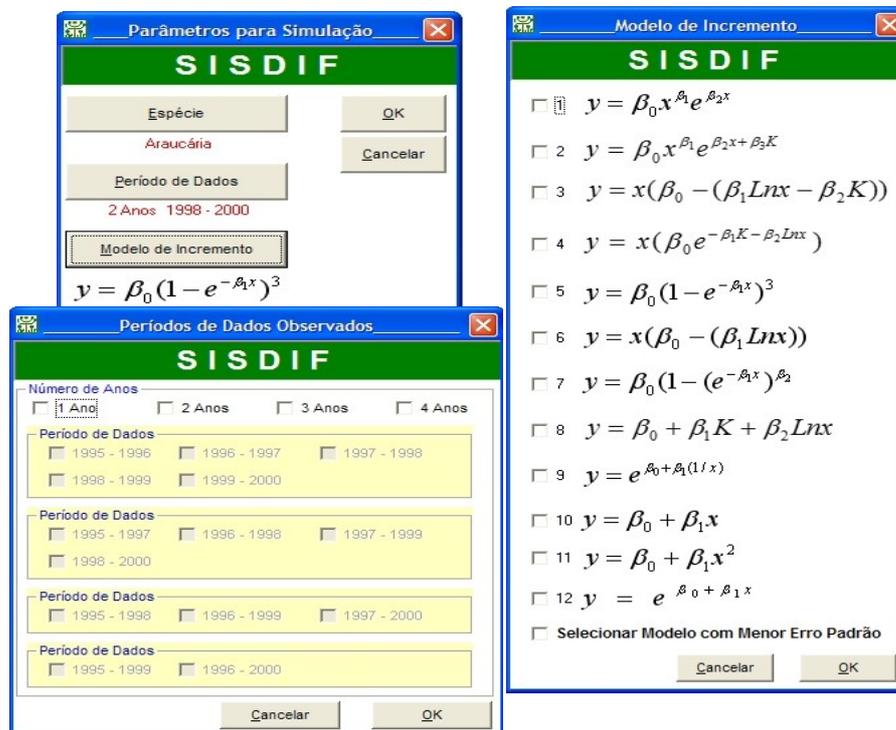


Figura 2 - Telas de seleção dos parâmetros de simulação, dos períodos de dados e do modelo de incremento diamétrico.

Após esta etapa é habilitada a opção “Recrutamento” na barra de menus. Essa opção abre uma tela para seleção do tipo de cálculo do recrutamento para a simulação (Figura 3). São mostradas duas opções: na primeira, os cálculos são feitos com os dados observados para o conjunto de dados selecionados nas telas anteriores, acrescidos de um valor estocástico e na segunda

opção o cálculo do recrutamento é feito por meio de uma curva de recrutamento adaptada do sistema NORM (Vanclay, 1994). O acesso às opções para cálculo da mortalidade é obtido escolhendo-se o item “Mortalidade” do menu, que exhibe a tela para seleção da opção de cálculo na simulação (Figura 3). Como no caso do recrutamento também são apresentadas duas opções de cálculo. A primeira é semelhante ao do recrutamento, na qual são usados os dados observados em campo de acordo com o conjunto de dados (espécie) e período de medição selecionados pelo usuário. A outra opção emprega um modelo de mortalidade cuja equação é apresentada na tela.

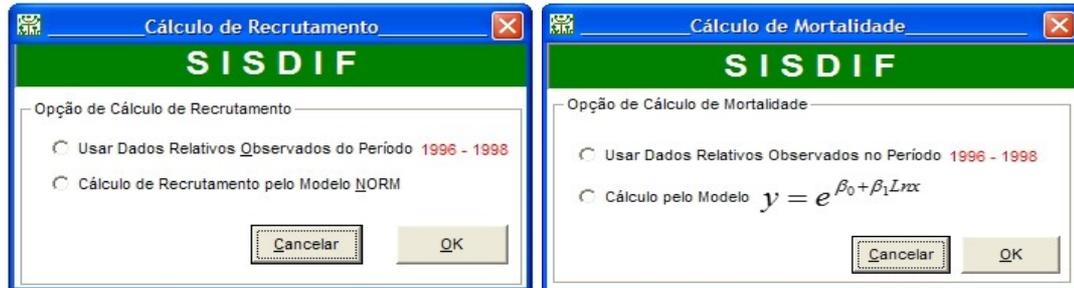


Figura 3 – Telas para seleção da opção de cálculo de recrutamento e de mortalidade.

Após a execução da simulação (menu “Executar Simulação”) é habilitado o menu “Resultados”, que possui duas opções. O primeiro submenu, “Simulação Anual”, apresenta os resultados para cada ano ou período de simulação, mostrando período da simulação, ano, abundância, área basal ($m^2 ha^{-1}$), DAP médio (cm) e coeficiente de variação (Figura 4). O segundo submenu, “Projeção Diamétrica”, apresenta os resultados da projeção da distribuição de diâmetros e de área basal para o ano projetado. Neste caso são mostradas a frequência inicial, a frequência observada para o ano projetado e a frequência projetada pelo simulador, além do valor do desvio percentual entre as frequências estimadas e observadas (Figura 4).

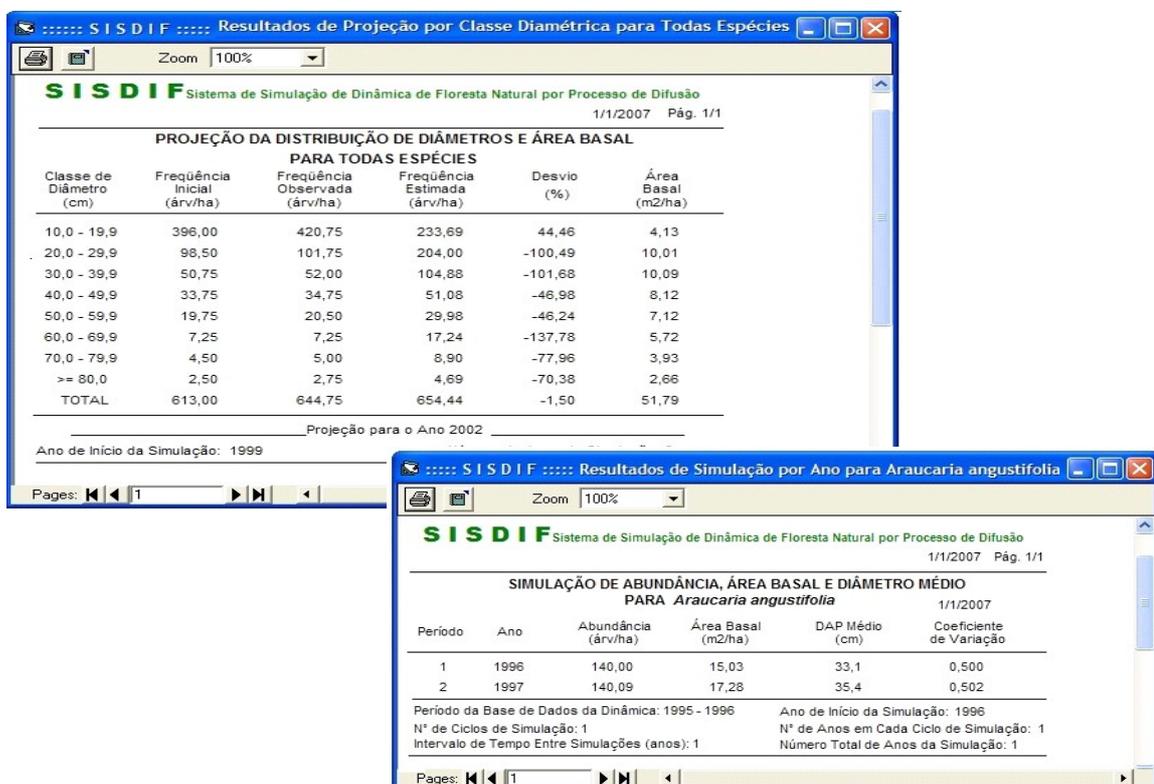


Figura 4 – Relatórios de saída dos resultados das simulações no SISDIF.

Uma outra opção do menu é a “Ferramentas”, que é composto de três submenus: “Autocalibração”, “Múltiplos Períodos” e “Análise de Sensibilidade”. O primeiro submenu possibilita a execução da autocalibração do sistema (Figura 5). Nessa opção o programa faz a simulação da dinâmica para o mesmo período no qual foram baseados os dados para cálculos e ajustes das equações. Esta opção serve para observar o comportamento do sistema em estimar os mesmos dados observados que foram usados para a modelagem dos componentes da dinâmica. Este procedimento é recomendado quando existem poucos dados, não sendo possível se excluir parte deles, que são usados para a validação dos resultados obtidos.

O submenu “Múltiplos Períodos” possibilita o usuário informar o número de ciclos a serem efetuados na simulação (Figura 5). O número de ciclos padrão utilizado pelo sistema é um, pois o programa simula e projeta a dinâmica para o mesmo número de anos do período de dados selecionados. O último submenu “Análise de Sensibilidade” (Figura 5) possibilita que sejam atribuídos valores para as taxas de recrutamento, crescimento e/ou mortalidade, permitindo avaliar a influência da alteração dos valores desses componentes, para mais ou para menos, na dinâmica da floresta em estudo. As últimas opções do menu são “Sair” e a opção “Sobre”, a qual mostra uma tela contendo informações sobre a elaboração do programa.



Figura 5 – Telas do SISDIF para informar valores de ciclos de simulação, análise de sensibilidade e autocalibração do sistema.

4. CONCLUSÕES

O sistema computacional desenvolvido mostrou-se prático, eficiente e adequado, permitindo a simulação da dinâmica da floresta com o uso do processo de difusão e reduzindo de forma significativa o tempo e o trabalho necessários para simular a estrutura da floresta com amplas opções de variação e cenários dos componentes da dinâmica florestal.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HARA, T. Dynamics of stand structure in plant monocultures. **Journal of Theoretical Biology**, v. 110, p. 223-239, 1984.

KOEHLER, H.S. **Sistema computacional de dinâmica para florestas naturais**. Curitiba, 2002. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield**. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.