DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE ESTOQUE EM COOPERATIVAS AGRÍCOLAS UTILIZANDO O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO SIMPLE++

Prof. Roberto Max Protil, Dr.
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada – PPGIA/PUCPR
Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho – 80215-901 Curitiba/PR
Fone/FAX (041) 330-1669
E-mail protil@ppgia.pucpr.br

Abstract:

The present article intends to discuss and evaluate the structure, functionality, user interface and realism of the simulation software Simple++. The evaluation will be accomplished through the implementation of a basic model of inventory control in agricultural co-operative, taking as reference the model suggested by Biethahn (1978). Simple++ means simulation in production, logistics and engineering, and ++ indicates that the system was implemented through the programming language C++. Simple++ is a system guided to objects and events. It allows the modelling, simulation and animation of discreet processes as well as continuous processes. It is a standard software of 4th generation where the graphic object oriented modelling, the simulation and the animation are integrated. Through this system it is possible to represent with realism and precision complex production and logistical systems, composed of materials, people, information and organizational structures.

Keywords: Computer Simulation, Modeling, Logistics, Cooperative System

Resumo:

O presente artigo propõe discutir e avaliar a estrutura, funcionalidade, amigabilidade e realismo do software de simulação Simple++. A avaliação será realizada através da implementação de um modelo básico de controle de estoques em cooperativas agrícolas, tomando como referência o modelo sugerido por Biethahn (1978). Simple++ significa simulação em produção, logística e engenharia, sendo que ++ indica que o sistema foi implementado através da linguagem de programação C++. Simple++ é um sistema orientado a objetos e a eventos. Ele permite modelar, simular e animar processos discretos bem como processos contínuos. Trata-se de um software padrão de 4º geração onde estão integrados a modelagem gráfica orientada a objetos, simulação e animação. Através deste sistema é possível representar com bastante realismo e precisão complexos sistemas logístico ou de produção, compostos de materiais, pessoas, informações e estruturas organizacionais.

Palavras Chaves: Simulação Computacional, Modelagem, Logística, Cooperativismo

1. INTRODUÇÃO

A modelagem remonta aos tempos de Newton. Entretanto o grande impulso da modelagem ocorreu com o desenvolvimento de computadores, ou seja, é um fenomeno relativamente novo, o que ainda não permitiu que se tenha chegado a um consenso em torno das terminologias. Conforme SCHMIDT,1985:104 o conceito de simulação "é utilizado em diferentes contextos com diversos significados". PRITSKER,1979 encontrou 22 definições diferentes de simulação na língua inglesa. A simulação é uma área multidisciplinar. Seus métodos encontram aplicação em diversos campos, tais como: infomática, engenharia da produção, ciências administrativas, pesquisa operacional, estatística, engenharia de sistemas, biologia, etc. Para os objetivos deste trabalho será utilizado o seguinte conceito baseado em BIETHAHN, 1987:81 e SHANNON, 1975:2: *simulação é uma técnica numérica, que utiliza um modelo lógico-matemático, baseado em um sistema real, para realizar experimentos dinâmicos com a ajuda de um computador*. 0 objetivo maior da simulação é compreender e descrever o comportamento de um sistema real. Esta definição reforça dois aspectos:

- a construção de um modelo
- a realização de experimentos com este modelo

Segundo LAW & KELTON (1991) um modelo de simulação completo é composto pelo seguinte conjunto de variáveis e rotinas:

Variáveis:

- **Estado do sistema**: conjunto de variáveis de estado necessário para descrever o sistema num determinado período de tempo;
- **Relógio de simulação**: uma variável que fornece o valor corrente do tempo simulado;
- **Lista de eventos**: uma lista contendo o próximo momento em que cada tipo de evento ocorrerá;
- **Contadores estatísticos**: variáveis utilizadas para armazenar informações estatísticas sobre o desempenho do sistema.

Rotinas:

- **Rotina de inicialização**: subrotina utilizada para inicializar o modelo de simulação;
- **Rotina de temporização**: subrotina que determina o próximo evento da Lista de Eventos e avança o Relógio de Simulação para o tempo em que o evento irá ocorrer;
- **Rotina(s) de Eventos**: subrotina(s) que atualiza(m) o Estado do Sistema quando um determinado tipo de evento ocorre (há uma Rotina de Evento para cada tipo de evento);
- **Gerador de Relatórios**: subrotina que calcula estimativas de desempenho e gera relatórios ao término da simulação;
- **Programa principal**: subprograma que controla a Rotina de Temporização, a qual determina o próximo evento e então transfere o controle para a Rotina de Evento, a qual atualiza o Estado do Sistema.

2. O SOFTWARE DE SIMULAÇÃO SIMPLE++

Simple++ significa **sim**ulação em **p**rodução, **l**ogística e **e**ngenharia, sendo que **++** indica que o sistema foi implementado através da linguagem de programação C++. Simple++ é um sistema orientado a objetos e a eventos. Ele permite modelar, simular e animar processos discretos bem como processos contínuos. Trata-se de um software padrão de 4º geração onde estão integrados a modelagem gráfica orientada a objetos, simulação e animação. Através deste sistema é possível representar com bastante realismo e precisão complexos sistemas logísticos ou de produção, compostos de materiais, pessoas, informações e estruturas organizacionais. O software é composto por uma biblioteca de objetos básicos classificados como ativos, passivos e móveis. Os objetos móveis podem ser criados, armazenados, transportados, processados e destruidos. Os objetos ativos transportam ou processam objetos móveis, enquanto que os

objetos passivos apenas armazenam objetos móveis. Através do objeto método e da linguagem de programação SimTalk pode-se criar comandos dentro do modelo. O software também possue objetos de processamento de informações.

A seguir serão apresentados os principais objetos da biblioteca de objetos básicos .

Cada biblioteca de objetos contém um objeto do tipo Modelo vazio. É o ponto de partida de um modelo de simulação.

O Método é um objeto que permite criar controles, os quais são chamados e inicializado pelos objetos básicos.

A interface de dados é um objeto passivo. Ele é utilizado como interface para dados externos e programas.

O objeto Diálogo permite criar janelas de diálogo semelhantes às janelas de diálogo do programa.

A Interface é um objeto básico utilizada para interligar diferentes Modelos.

O objeto "FileLink" estabelece vínculos de arquivos nos Modelos

O objeto Gráfico é usado para exibir dados graficamente.

O Plotter registra o comportamento de um conjunto de valores e os exibi como curvas em uma tela.

O objeto Monitor serve para exibir valores, tais como atributos ao longo de uma corrida de simulação.

NwData

Cada objeto NwData é uma variável global que pode ser acessada por outros objetos e métodos

O Processador Simples é um objeto de fluxo de materiais ativo. Possue uma única estação de processamento de unidades moveis.

O Processador Paralelo é um objeto de fluxo de materiais ativo com várias estações de processamento de unidades moveis.

O “Buffer” é um objeto de fluxo materiais ativo com várias estações de processamento de unidades moveis. No “Buffer” as estações de processamento estão dispostas de uma forma linear.

O Classificador é um objeto de fluxo ativo. Ele ordena as unidades moveis de acordo com um critério definido pelo analista.

O Deposito é um objeto de fluxo de materiais passivo que recebe várias unidades moveis. Estas ficam posicionadas até que sejam removidas por um comando.

O Caminho é um objeto de fluxo de materiais ativo. É utilizado para modelar sistemas de transporte.

A Linha de Transporte é um objeto de fluxo de materiais passivo. É utilizado para modelar linhas de transporte.

A Fonte é um objeto de fluxo de materiais ativo. Esta gera unidades moveis segundo um modo pré-definido.

O Dreno é um objeto de fluxo de materiais ativo. O Dreno tem uma única estação de processamento e destrói as unidades moveis depois destas terem sido processadas.

O Controle de Fluxo permite que estratégias de convergencia ou divergencia de fluxos de materiais sejam modelados.

O Produto é um objeto de fluxo de materiais móvel sem capacidade de carregamento.

ado é um objeto de fluxo de materiais passivo e movel com capacidade de carregamento

O Transportador é um objeto de fluxo de materiais ativo e móvel com propulsão próprio e capacidade de carga .

O Exportador é um objeto básico que exporta serviços. Este complementa o Distribuidor e o Importador.

A Tabela é uma lista bi-dimensional que permite acessar aleatoriamente suas células através de um índice.

O Cardex é uma lista uni-dimensional que permite acessar aleatoriamente suas células através de um índice.

A Pilha é uma lista uni-dimensional cujo acesso é feito utilizando-se o método FIFO (First In First Out).

A Fila é uma lista uni-dimensional cujo acesso é feito utilizando-se o método LIFO (Lest In First Out).

O Conector é uma ferramenta para conectar objetos e pode ser usado interativamente.

Cada simulação requer um Controlador de Eventos. Este coordena e sincroniza os diferentes eventos que acorrem durante uma corrida de simulação.

O Acionador pode alterar os valores dos atributos e variáveis globais de acordo com um padrão definido pelo analista durante uma corrida de simulação.

O Sequenciador de Tempo é uma tabela com duas colunas que contém valores e os respectivos tempos do Acionador. O Sequenciador de Tempo auxilia no controle e na administração de horários.

3. O MODELO DE CONTROLE DE ESTOQUE

O modelo de controle de estoque a ser implementado neste trabalho está baseado no livro "Otimização e Simulação" de BIETHAHN (1978) e foi adaptado ao fluxo de estoque do fertilizante ureia de uma cooperativa agrícola do estado do Paraná. As principais variáveis e parâmetros deste modelo estão apresentados na tabela a seguir.

Tipo de estoque	Estoque dinâmico com um único produto, apenas compra/venda					
Política de estocagem	s, Q [1]					
Periodo de aquisição	Modelo multiperiódico: horizonte de planejamento de 1 ano (360 dias)					
Consumo	As quantidades e os instantes de ocorrência da demanda são estocásticos. A demanda ocorre apenas em unidades inteiras. O instante de ocorrência da demanda ocorre no início de um período e a sua probabilidade de ocorrência refere-se ao período da ultima demanda.					
	Instante de ocorrência (dias)	1	2	3	4	5
	Probabilidade	Distribuição normal, média = 2, desvio = 0,16				
	Quantidade q	$1 \leq q \leq 20$ com $p(q) = 1 / 20$				
Controle do nível de estoque	Verificação do nível de estoque do produto nos instantes de entrada e saída					
Tempo de reposição	Estocástico, contínuo e normalmente distribuído (média = 20 dias, desvio = 5 dias)					
Quantidade de pedido	Pedidos apenas em lotes inteiros; durante os períodos é constante					
Fluxo de pagamento	Pagamentos e recebimentos ocorrem imediatamente na entrada e na saída					
Aplicação de capital	O capital próprio excedente é capitalizado segundo uma taxa de aplicação. A captação de recursos externos são ilimitados e são remunerados segundo uma taxa de emprestimo.					
Custos de estocagem	Os custos de estocagem são calculados com base nos custos de aquisição dos produtos que se deterioraram ou foram furtados, o calculo é efetuado utilizando-se uma porcentagem p% do nível de estoque existente .					
Objetivo	O montante de capital referente ao produto analisado deverá ser maximizado ao final do horizonte de planejamento					
1 Quando o nível de estoque atingir o nível s é realizada uma reposição de Q unidades						

Passos para a implementação

A figura 01 apresenta as ligações entre os diversos objetos do modelo.

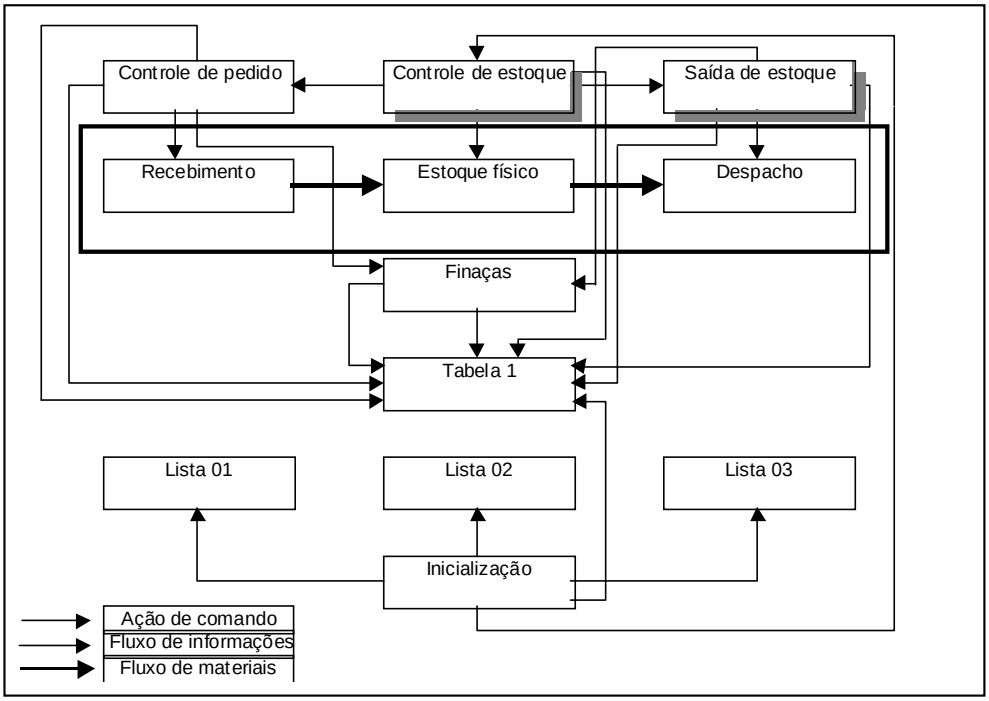

Figura 01: Diagrama de Relação entre as Entidades do Modelo

O módulo *Inicialização* disponibiliza os números aleatórios, defini parâmetros e apaga todos os dados que ainda estejam na Tabela 01. Ao final de seu processamento este irá ativar um outro módulo denominado *Controle de Estoque*. Apartir deste módulo serão desencadeados os demais eventos. Os números aleatórios necessários à simulação serão ordenados através do módulo *Inicialização* nas *Lista 01, 02 e 03* segundo uma sequência FIFO (first in, first out). A *Lista 01* possue os tempos de resuprimento, os quais seguem uma distribuição normal com um valor médio de 20 dias e um desvio padrão de 5 dias. A *Lista de Espera 02* possue os tempos entre demandas, os quais também seguem uma distribuição normal. A *Lista de Espera 03* possue os valores referentes às quantidades demandas e segue uma distribuição uniforme com uma probabilidade de ocorrência de 0,05. A *Tabela 01* registra todos os dados gerados.

O módulo *Estoque* possue uma capacidade máxima de 100 unidades armazenadas. O módulo *Controle de Estoque* preenche diferentes atribuições. Além do seu objetivo básico, que é comparar o valor nominal com o valor desejado do nível de estoque, ele também serve para duas outras funções. A primeira destas funções é classificar o tempo dos eventos, ou seja a cadeia de eventos. Verifica-se que o intervalo entre a medição do nível de estoque, a entrada e a saída de produtos apresenta uma certa variação a qual é utilizada para calcular o fluxo de pagamentos. Simultaneamente o horizonte de planejamento (360 dias) precisa ser observado. A Segunda função do módulo *Controle de Estoque* é acionar os outros objetos *Métodos* com relação ao nível de estoque e o nível de pedidos. Desta forma e em conformidade com a politica de estoque, toda vez que o nível de estoque ultrapassar s, é realizado o pedido de um lote de Q unidades. Esta mesma quantidade também será solicitada caso a quantidade demandada ultrapassar a quantidade estocada. Desta forma é assegurado que a simulação não irá parar caso aconteça do nível do estoque ainda não ter ultrapassado o nível crítico s mas a próxima demanda

ser superior à quantidade estocada. Para os dois casos descritos acima, o módulo *Controle de Estoque* passará o comando para o módulo *Controle de Pedidos*. Este por sua vez irá processar o pedido e armazenar Q unidades do produto. Além disso o módulo *Controle de Estoque* irá acrescentar ao contador de tempo o valor correspondente ao tempo (dias) necessário para o novo pedido dar entrada no estoque. O módulo *Controle de Pedidos* controla o módulo *Recebimento*, o qual representa no modelo os fornecedores e gera a quantidade desejada de produtos. Também é calculado uma perda p% sobre o estoque que precisa ser pago. A transferência para o *Estoque* é realizada através do módulo *Controle de Pedidos*. Além de gerar o produto, o módulo *Controle de Pedidos* também fornece informações à Tabela 01 sobre os pagamentos realizados. Após encerrar um fornecimento e enviar os dados, o módulo *Controle de Pedidos* aciona o módulo *Finanças*. O módulo *Finanças* é responsável pela parte financeira do modelo. Este módulo calcula com base nos dados disponiveis na Tabela 01, juros a pagar ou a receber. Todos os valores calculados por este módulo são armazenados na Tabela 01. Com estes cálculos é encerrada a cadeia de eventos relacionados com um recebimento ou um despacho de mercadorias, sendo que o método *Finança* controla o módulo *Controle de Estoque*. Este módulo verifica novamente a quantidade de produtos em estoque e a sua demanda, decidindo se a demanda poderá ser atendida ou se deverá ser feito um pedido de reposição do estoque. Para atender a demanda deverá haver um número suficiente de produtos em estoque. Neste caso o módulo *Controle de Estoque* adiciona ao contador de tempo o tempo de reposição do estoque. Neste instante o módulo *Retirada de Estoque* aciona o módulo *Despacho*, no qual as mercadorias transferidas são eliminadas (consumidas). Quando um estoque é consumido o módulo *Retirada de Estoque* calcula o preço e a quantidade retirada.

4. AVALIAÇÃO E CONCLUSÃO

Com a implementação do modelo de estoque descrito neste trabalho foi possível verificar que o Software Simple++, através de sua biblioteca de objetos básicos permite construir com relativa facilidade complexos modelos de simulação, apartir de sistemas logísticos reais. A grande vantagem deste Software reside na sua capacidade de realizar animações gráfica mesmo estando o modelo ainda em uma fase preliminar de modelagem. O Software possui uma poderosa linguagem de programação, com a qual é possível modificar as funções e caracteristicas básicas dos objetos pré-definidos na biblioteca, além de permitir que os dados gerados durante a simulação possam ser acessados por objetos dentro ou fora do modelo. Através da sua orientação a objetos e a eventos o Software permitiu uma fácil visualização das complexas interrelações existentes no modelo. Por esta razão Simple++ apresenta-se não somente como um eficiente instrumento de análise mas também como um excelente instrumento de ensino e treinamento, podendo ser utilizado como ferramenta de suporte no desenvolvimento de jogos de empresa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BIETHAHN, J. (1978) Optimierung und Simulation. Wiesbaden: Gabler.
- Law, A.M.; Kelton, W.D. (1991) Simulation: Modeling and Analysis. McGraw-Hill.
- PRITSKER, A.A.B. (1979) Compilation of definitions of simulation. ln: Simulation 33, pag. 61-63.
- SCHMIDT, B. (1985) Was tut man, wenn man simuliert?" - Versuch einer Begriffábestimmung. In: MõLLER, D.P.F.(Hrsg)), Simulationstechnik Proceedings. Informatik Fachberichte 109, Berlin u.a., , pag. 104-111.
- SHANNON, R.E. (1975) Systems Simulation: The Art and the Science. Prentice-Hall.