

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS

Costa, M. A. B.;¹ Barbosa, P. F.²

(1) Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar, Rod. W. Luiz, Km. 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Fone: (016) 274-8236, Fax: (016) 274-8240

mbcosta@power.ufscar.br

(2) EMBRAPA – Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE), Rod. W. Luiz, Km 234, C.P. 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Fone: (016) 272-7611

pedro@cppse.embrapa.br

ABSTRACT

This article discusses some modern computational tools to decision making support, emphasizing their use in both livestock and agroindustrial systems through the brief description of two actual applications.

Key words: simulation, CAD, expert systems, beef cattle

RESUMO

Este trabalho discute algumas ferramentas computacionais modernas de apoio à tomada de decisão, enfatizando a utilização das mesmas nos setores agropecuário e agríndustrial, através da descrição resumida de duas aplicações reais.

Palavras-chave: simulação, CAD, sistemas especialistas, bovinos de corte

1. Introdução

A evolução dos aparatos computacionais, tanto em de “hardware” quanto de “software”, alterou significativamente o mercado de informática nos últimos anos. Acompanhar o crescimento desse mercado tem sido um desafio para os pesquisadores, independentemente de seus campos de atuação.

O crescente aumento da capacidade dos computadores, em especial dos microcomputadores,

viabilizou a ampliação de pesquisas e projetos em áreas que dependiam do desenvolvimento de sofisticados programas computacionais e, conseqüentemente, do grande poder de processamento dos equipamentos. Como resultado dessa situação, pode-se citar, como exemplos de áreas “emergentes”, a Inteligência Artificial (IA) no campo das ciências da computação e a Simulação de Sistemas no campo da pesquisa operacional.

A Inteligência Artificial, em especial os Sistemas Especialistas (SE), apesar de ter surgido nos anos 50, “renasceu” como grande área de pesquisa apenas nos anos 80. Hoje estão disponíveis no mercado dezenas de “softwares” amigáveis, que permitem o desenvolvimento de complexos sistemas baseados em conhecimento. São os chamados “shells”.

A simulação de sistemas, que evoluiu de forma lenta nas décadas de 60 e 70, está vivendo uma grande fase de crescimento, que se iniciou em meados dos anos 80, graças ao surgimento de “softwares” que aliam facilidades de modelagem com flexibilidade de aplicação.

Os modelos desenvolvidos com o auxílio dessas modernas ferramentas permitem uma representação fiel dos sistemas reais estudados. De posse de um modelo confiável, é possível realizar experimentações, via computador, que seriam difíceis, ou até mesmo impossíveis, de ser realizadas na prática, por questões físicas e/ou econômicas.

O processo de desenvolvimento e utilização de um modelo envolve várias etapas, que incluem a definição da situação/problema, aquisição de informações e conhecimentos, *utilização de um ou vários “softwares” para modelar a situação*, verificação e validação do modelo, replicações envolvendo vários cenários de interesse, análise de resultados, sugestões de linhas de ação, implantação e manutenção do modelo. Neste trabalho, a discussão é centrada na etapa de modelagem, propriamente dita, e nos “softwares” que podem facilitar e apressar o trabalho de criação de um modelo computacional.

A apresentação das ferramentas computacionais e os comentários deste trabalho foram direcionados para aplicações envolvendo sistemas agropecuários e agroindustriais. São comentados dois estudos de caso, um envolvendo um sistema de produção de gado de corte e um envolvendo um projeto de uma agroindústria madeireira, que mostram como ferramentas computacionais que, a princípio, não foram desenvolvidas para a agropecuária e agroindústria, podem ser utilizadas com êxito nesses setores.

2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho são:

1. Apresentar alguns “softwares” de apoio à tomada de decisão que podem ser utilizados em sistemas agropecuários e agroindustriais.
2. Discutir a utilização combinada desses “softwares”, mostrando a potencialidade de cada um.
3. Ilustrar as discussões através da experiência vivida no desenvolvimento de dois modelos de simulação, um utilizando uma ferramenta computacional “antiga” e outro utilizando um ambiente de simulação animada.

3. Materiais e Métodos

3.1 Evolução dos modelos computacionais

A evolução no desenvolvimento de modelos computacionais pode ser retratada pelas seguintes fases:

1. Utilização de linguagens computacionais de aplicação geral.
2. Utilização de linguagens computacionais de aplicação em áreas específicas.
3. Utilização de ambientes computacionais amigáveis. De uma forma geral, pode-se afirmar que existe um “trade off” que orienta o modelista na escolha dessas ferramentas.

Uma linguagem de aplicação geral (PASCAL, FORTRAN, C++ e outras) permite o desenvolvimento de sistemas bastante flexíveis, porém exige conhecimentos avançados de programação, além de demandar muito tempo para criar um modelo que represente uma situação-problema complexa. Um ambiente computacional (por exemplo de simulação, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD e outros) possui interfaces amigáveis que facilitam o desenvolvimento de modelos, até mesmo para usuários com pouca vivência em modelagem. Em contrapartida, esses ambientes restringem o universo de aplicações. As linguagens de aplicação específica (em simulação, GPSS/H, SIMAN, SIMSCRIPT e outras)

se situam num meio-termo, apresentando uma flexibilidade de modelagem maior que os ambientes computacionais, porém uma dificuldade também maior de programação. O desafio atual para os projetistas de “software” é aliar a flexibilidade de aplicação com as interfaces que facilitam o desenvolvimento de modelos.

A Figura 1 mostra o posicionamento dos tipos de ferramentas computacionais em relação ao paradoxo “Flexibilidade x Amigabilidade”.

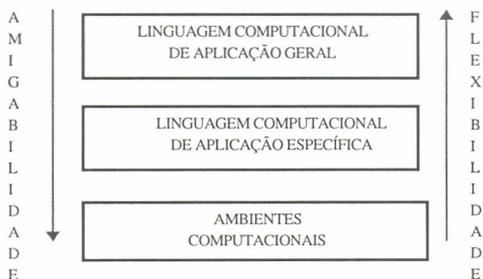


Figura 1 Evolução dos “softwares” e a relação entre amigabilidade e flexibilidade.

Para que o leitor pouco familiarizado com linguagens computacionais perceba as diferenças associadas a cada tipo de “software”, damos o seguinte exemplo: programação de uma fila única, com um único ponto de entrada de clientes, um posto de atendimento e uma saída. Esse tipo de fila pode representar as mais diversas situações possíveis, como a espera num posto de serviço, que pode ser um banco, correio, pedágio, porto, aeroporto, até uma fila para inseminação, diagnóstico de gestação, pesagem de animais, frigoríficos, processamento de matéria-prima numa agroindústria etc. Para que essa fila seja programada utilizando uma linguagem de aplicação geral, como, por exemplo, o PASCAL, é necessário desenvolver procedimentos que gerem números aleatórios que representem os tempos entre chegadas na fila e os tempos de processamento no posto de atendimento, procedimentos de inicialização, inserção e retirada de

estruturas de dados (fila e lista encadeada), um módulo de controle da simulação, além de comandos que controlem as entradas e saídas de dados do programa. Sem considerar linhas de comentários, esse programa em PASCAL conteria aproximadamente 200 linhas de códigos (numa programação bem enxuta). Utilizando uma ferramenta específica de simulação como o GPSS/H, esse número cai para 12 linhas de códigos. E, ainda, utilizando um ambiente de simulação animada, como o ARENA (1996), não será preciso que o usuário digite uma linha de código sequer, pois esse “software” trabalha com o esquema “click and place”, no qual o modelista escolhe o ícone do módulo desejado e o posiciona na tela. Os códigos necessários são gerados automaticamente, de forma transparente para o modelista, que nem precisa conhecer a linguagem que está sendo utilizada como pano de fundo (no caso do ARENA, é a linguagem específica de simulação chamada SIMAN (Pegden et al, 1995)).

A Figura 2 mostra a lógica de modelagem em ARENA para uma fila única, na qual são utilizados apenas três módulos de programação (Arrive, Server e Depart) e um de controle das replicações da simulação (Simulate). A Figura 3 apresenta uma imagem da simulação animada do modelo citado. Além dos relatórios gerados automaticamente, o ARENA permite uma visualização do sistema em funcionamento, bem como a criação de gráficos e estatísticas (nessa figura são apresentados um gráfico dos animais na fila e um contador de animais já processados).

3.2 Integração de “softwares”

A simulação de sistemas é uma poderosa ferramenta computacional de auxílio à tomada de decisão em sistemas complexos. Porém a abordagem adotada, quando do desenvolvimento de modelos de simulação, é “procedural”, em que procedimentos são criados para representar situações, e qualquer tipo de alteração necessita manipulação direta dos códigos programados. Isso torna a simulação extremamente amarrada e, portanto, pouco flexível.

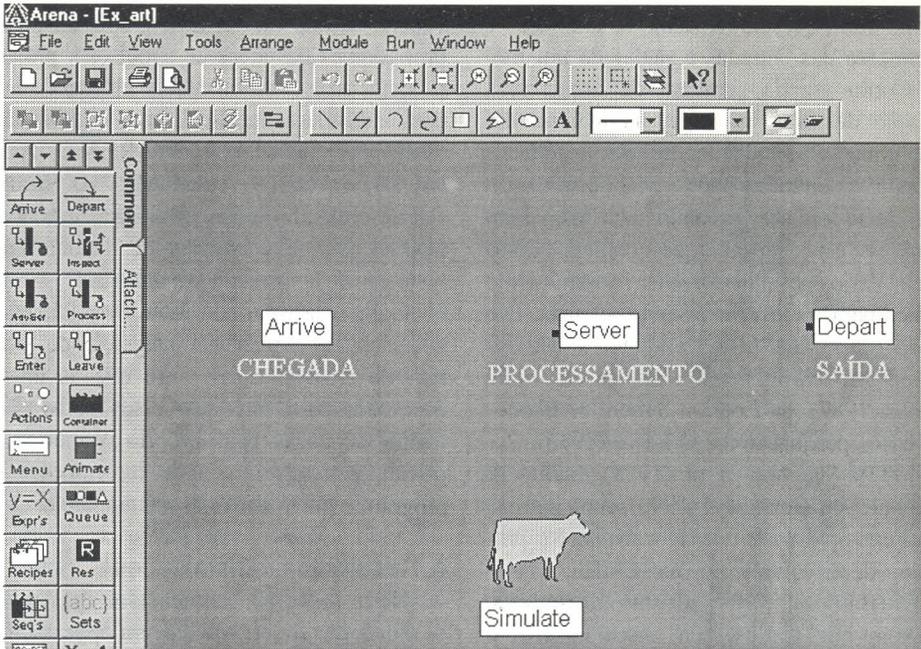


Figura 2 Lógica do exemplo de uma fila, utilizando o "software" ARENA.

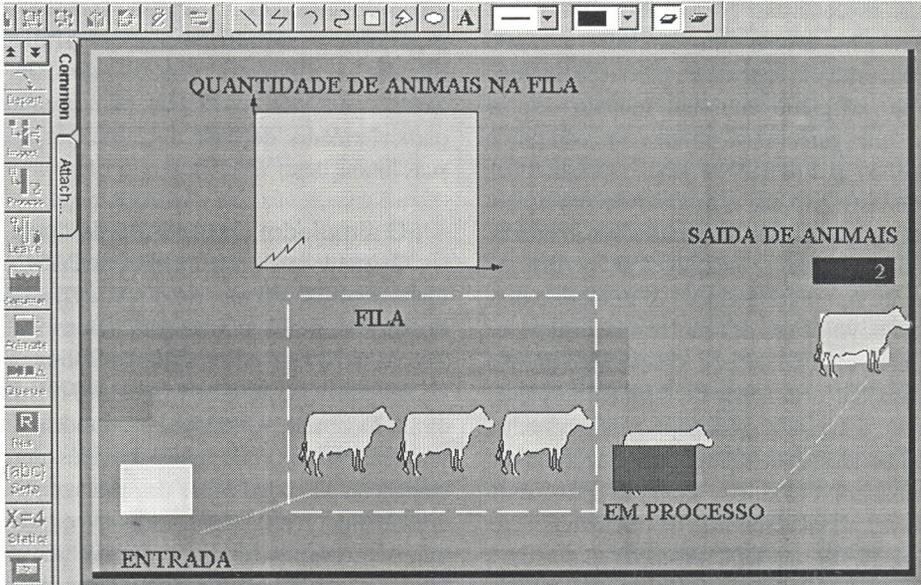


Figura 3 Animação do exemplo de uma fila no ARENA.

Uma outra questão delicada na simulação é o tratamento das entradas e saídas de um modelo. Como grande geradora de números, a simulação de sistemas exige, na maioria das vezes, uma sofisticada análise dos resultados gerados. Essa situação pode inviabilizar a utilização dessa técnica, quando não estiverem disponíveis especialistas que cuidem dessa questão. Vários pesquisadores têm desenvolvido trabalhos para minimizar esses problemas. É o caso do grupo CASM ("Computer Aided Simulation Modelling") (Crookes et al, 1986; Doukidis, 1987), da London School of Economics, e dos pesquisadores O'keefe (1986), Reddy (1987), Shannon et al (1985), Saliby & Oliveira (1991), Costa et al (1993), entre outros.

Um exemplo deste tipo de trabalho é o projeto em desenvolvimento na EMBRAPA – CPPSE (Barbosa, 1994; Costa & Barbosa, 1994), em São Carlos, que busca integrar o poder de geração e controle de números do "software" de simulação ARENA com a facilidade de análise proporcionada pelo "shell" de sistemas especialistas NEXPERT. O objetivo deste trabalho é criar um simulador animado que represente um sistema de produção de gado de corte, integrado com um módulo decisor interno que gerencie a política de compra e descarte do pecuarista. A junção dessas duas ferramentas flexibiliza o modelo de simulação, permitindo que a troca do pecuarista não interfira no modelo de simulação, que permanece inalterado. As novas políticas de compra e descarte do novo pecuarista são representadas por regras num módulo decisor à parte. Este projeto busca auxiliar o tomador de decisão no planejamento e controle dos manejo de seu rebanho, permitindo análise de várias situações combinadas (cenários), como, por exemplo, associando estação de monta com idade de desmama, idade de primeira monta, suplementação alimentar e políticas de descarte de animais.

Um outro grupo de pesquisa que integra vários tipos de "softwares" é o SIMUCAD: Simulação & CAD (Costa et al, 1996), do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade

Federal de São Carlos. Esse grupo, formado por profissionais das áreas de simulação, projeto do produto, projeto do trabalho e projeto de instalações industriais, trabalha com a combinação de "softwares" de simulação (ARENA, AUTOMOD), de CAD (AutoCAD, 3D Studio) e ferramentas de apoio (Planilhas e Banco de Dados), no desenvolvimento de "layouts", principalmente de empresas agroindustriais.

Com o advento do Windows 95, há uma tendência em aumentar a integração de "softwares" de áreas diversas, visto que as interfaces necessárias para "interligar" esses "softwares" são muito facilitadas pelo próprio Windows, que permite acesso e troca de informações entre programas que rodam sob seu ambiente.

4. Resultados e Discussões

Nesta seção são comentados dois modelos de simulação desenvolvidos em épocas diferentes e com "softwares" diferentes. O primeiro trata-se de um simulador, programado na linguagem PASCAL, criado no final dos anos 80 e início dos anos 90. O segundo trata-se de um modelo desenvolvido pelo grupo SIMUCAD, Simulação e CAD, criado no ano de 1996, utilizando AutoCAD e ARENA. São discutidas as particularidades de cada um, suas vantagens e suas limitações.

4.1 O simulador de bovinos de corte

O simulador, programado em PASCAL, é uma adaptação do modelo TAMU (Beef Cattle Production Simulation Model), desenvolvido na Texas A&M University, College Station, Texas, USA (Sanders & Cartwright, 1979; Baker, 1982; Doren et al, 1985). Esse modelo simula um sistema de produção de bovinos de corte, considerando condições de pastagens, raça, crescimento, fertilidade, nascimento e morte dos animais. Ao contrário do TAMU, desenvolvido em FORTRAN para rodar em computadores de grande porte, o modelo criado na EMBRAPA – CPPSE foi projetado para rodar em microcomputadores da linha IBM-PC, utilizando um "shell" denominado ELSE ("Extended Lancas-

ter Simulation Environment”). O ELSE é um programa “esqueleto” criado pelo grupo CASM (Paul & Balmer, 1986), que consta de um módulo de controle da simulação e de rotinas vazias, que foram completadas com códigos que representam os procedimentos e funções existentes no sistema de produção de bovinos de corte.

A forte característica positiva desse modelo é a sua flexibilidade de programação. Pode-se afirmar que, com uma linguagem de aplicação geral, é possível representar qualquer situação presente no sistema real. As funções utilizadas e os relacionamentos entre os elementos do sistema tratado são muito complexos, mas apesar disso, foram programadas e responderam muito bem à fase de verificação do modelo. Em resumo, foi possível passar para o modelo de simulação todas as características presentes no TAMU, além de algumas novas, como é o caso do tratamento individual dos animais e da simulação de todos os animais, machos e fêmeas.

Os pontos que podem ser considerados fracos, no processo de criação do modelo, dizem respeito à dificuldade de desenvolver um programa que simule um sistema de grande porte, numa linguagem que exige um bom conhecimento de programação estruturada. O modelo resultante é grande (aproximadamente 4000 linhas de códigos) e complexo o suficiente para dificultar o trabalho de um modelista que não possua experiência em tratar com estruturas de dados. Portanto, a flexibilidade apresentada pela linguagem de aplicação geral é contrabalançada pela necessidade de formação computacional, do modelista, em programação de sistemas e estrutura de dados.

Esse modelo de simulação de bovinos de corte está sendo adaptado para rodar no ARENA, incorporando um módulo decisor interno projetado no “software” NEXPERT. Faz parte de um projeto desenvolvido em conjunto entre a EMBRAPA – CPPSE e o Departamento de Engenharia de Produção da UFSCar.

4.2 O simulador de uma agroindústria

Para comparar com uma linguagem de aplicação geral, é apresentado e comentado o desen-

volvimento de um simulador, que emula as atividades de uma fábrica de “slats” (tábuas para fazer lápis), criado pelo grupo SIMUCAD a pedido de uma das maiores indústrias de lápis do mundo.

Esse simulador foi desenvolvido utilizando-se a integração de duas ferramentas computacionais, uma de desenho (AutoCAD) e uma de simulação animada (ARENA). O modelo representa uma nova fábrica de “slats” a ser construída em 1997. O objetivo do modelo de simulação é analisar os diferentes cenários que a nova fábrica irá vivenciar nos seus primeiros anos de existência.

Os pontos positivos no processo de criação do modelo, sem dúvida, estão relacionados com as facilidades de utilização e combinação dos “softwares” escolhidos. A força de uma ferramenta de desenho (CAD) integrada com o poder de análise de um ambiente de simulação (ARENA) trouxe um resultado muito bom, num tempo de desenvolvimento muito curto (aproximadamente quatro meses). A complexidade das situações tratadas foram contempladas, o que faz pensar que a idéia de conseguir flexibilidade com amigabilidade, num mesmo “software”, é uma questão de tempo e de combinar as características positivas de ferramentas computacionais de aplicações distintas.

A Figura 4 apresenta uma parte da fábrica, mais precisamente o setor de descascamento das toras de madeira e o setor de serraria, onde são separados os semiblocos e as costaneiras, para posterior transformação em ripas e “slats”.

A facilidade de utilização dessas ferramentas têm por contraponto a necessidade de equipamentos computacionais mais potentes. Um bom ambiente para trabalhar com “softwares” de simulação e CAD é um microcomputador Pentium, com 32 MBytes de memória RAM, placa aceleradora de vídeo e um monitor com boa resolução. Além da questão do equipamento, alguns cenários de interesse não puderam ser simulados. O modelo, quando atingiu um nível muito alto de detalhes, encontrou problemas na quantidade de entidades criadas para representar cada elemento que se movimentava no sistema.

O aumento do número de entidades influencia diretamente a velocidade de processamento do modelo, tornando-o muito lento. Uma forma de contornar esse problema foi criar um modelo

“macro”, utilizado para tratar questões de ordem estratégica, e um modelo “detalhado”, para analisar questões operacionais.

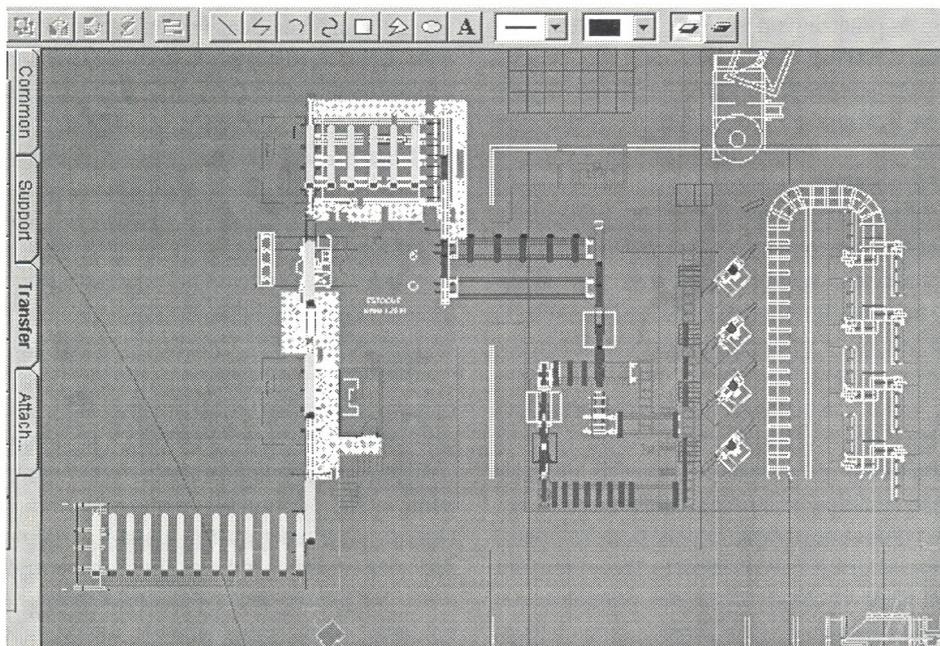


Figura 4 Imagem associando desenho em AutoCAD com simulação em ARENA.

Os resultados visuais de um modelo desenvolvido com uma ferramenta de simulação animada são expressivos. Ver um sistema, que vai ser construído, funcionando e permitindo que várias alterações sejam realizadas no mesmo possibilita tomadas de decisão mais seguras, além de aumentar o conhecimento sobre algo que, no momento, está apenas no papel.

5. Conclusões

São vários os “softwares” que podem ser utilizados de forma combinada. Por uma questão de espaço e, também, de conhecimento sobre os mesmos, optou-se por comentar a força das ferramentas de simulação, devido a sua crescente utilização nos mais diversos setores produtivos. Foi enfatizada, através de exemplos reais, a possibilidade de aplicação de “softwares” modernos

em empresas dos setores agropecuário e agroindustrial.

Apesar de haver uma tendência, à medida que cresce a complexidade do sistema real tratado, de caminhar em linguagens computacionais de mais baixo nível em direção às linguagens de aplicação geral, os ambientes computacionais estão, cada vez mais, tentando aliar a sua facilidade de interfaceamento com o usuário com a flexibilidade existente nas linguagens de programação. As dificuldades naturais existentes nas entradas/saídas dos programas estão sendo reduzidas pelos novos “softwares”, que buscam oferecer ao usuário interfaces que funcionam como verdadeiros “front-ends”, auxiliando na utilização do mesmo e na análise dos resultados.

Em relação ao modelo de simulação de sistemas de produção de gado de corte, vive-se hoje

um processo de adaptação do mesmo para o "software" de simulação ARENA, aproveitando suas fortes características de modelagem, apresentação de relatórios e animação. A integração com o ambiente Windows 95 também é um fator essencial, na medida em que se pretende integrar o simulador com um sistema baseado em conhecimento, desenvolvido em NEXPERT.

Para finalizar, ficam aqui algumas considerações: existem poderosíssimas ferramentas computacionais no mercado; a integração entre muitas delas é viável e extremamente útil; a utilização em áreas diversas é uma realidade e muitas vezes uma necessidade; os grupos de pesquisa que se propõem a estudar e aplicar o potencial desses "softwares" estão aumentando em todo o mundo; esses grupos contam ainda com profissionais de várias áreas, vivenciando na prática as vantagens da interdisciplinariedade de atuação.

6. Referências

- ARENA Manuais. Sewickley: PA Systems Modelling Corp., 1996.
- BAKER, J.F. **Evaluation of genotype-environment interactions in beef cattle production systems.** [s.l.]: Texas A&M University, 1982.
- BARBOSA, P.F. **Desenvolvimento de modelos para integração e simulação de sistemas de produção de proteína animal.** Brasília: EMBRAPA-DPD, 1994. (EMBRAPA. Programa 12 - Automação Agropecuária. Projeto 12.0.94.010).
- COSTA, M.A.B.; BARBOSA, P.F. **Desenvolvimento de sistema especialista para tomada de decisão interna em modelo de produção de bovinos de corte.** Brasília: EMBRAPA-DPD, 1994. 7p. (EMBRAPA. Programa 12 - Automação Agropecuária. Subprojeto 03).
- COSTA, M.A.B.; BARBOSA, P.F.; FERNANDES, J.F. A knowledge-based simulation model for analysis and synthesis of beef cattle production systems. IFORS CONFERENCE, Portugal, 1993. [s.l. : s.n.], 1993.
- COSTA, M.A.B.; MENEGON, N.L.; CAMAROTTO, J.A. SIMUCAD: Simulação & CAD – um sistema de apoio à decisão no planejamento e implantação de sistemas de produção. In: ENEGEP, 26, Piracicaba-SP, 1996. **Anais...** Piracicaba: [s.n.], 1996. CD-Rom
- CROOKES, J.G.; BALMER, D.; CHEW, S.T.; PAUL, R.J. A three-phase simulation system written in Pascal. **JORS**, Grã-Bretanha, v.37, n.6, p. 603-618, 1986.
- DOREN, P.; SHUMWAY, C.; KOTHMANN, M. An economic evaluation of simulated biological production of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.60, n.4, p. 913-934, 1985.
- DOUKIDIS, G.I. An anthology on the homology of simulation with artificial intelligence. **JORS**, Grã-Bretanha, v. 18, n.8, p.701-712, 1987.
- O'KEEFE, R. Simulation and expert systems: a taxonomy and some examples. **Simulation**, San Diego, v.46, n.1, p.10-16, 1986.
- PAUL, R.; BALMER, D. **ELSE**: extended lan-caster simulation environment. Londres: [s.n.], 1986. Notas de aula da LSE.
- PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.F.; SADOWSKY, R.P. **Introduction to simulation using SIMAN.** [s.l.] : McGraw-Hill, 1995.
- REDDY, R. Epistemology of knowledge based simulation. **Simulation**, San Diego, v. 48, n.4, p. 162-166, 1987.
- SALIBY, E.; OLIVEIRA, G.C. GERSIMUL: um gerador automático de programas de simulação em turbo Pascal. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.41-66, 1991.
- SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T.C. A general cattle production systems model. **Agricultural Systems**, Essex, v.4, n.3, p.217-227, 1979.
- SHANNON, R.E.; MAYER, R.; ADELSBERGER, H.H. Expert systems and simulation. **Simulation**, San Diego, v.44, n.6, p.275-284, 1985.