AVALIAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA SUPERVISÃO E CONTROLE DE CASAS DE VEGETAÇÃO

Evandro Gomes Laranjeira¹, Luiz Antonio Rossi²

¹ Analista de Sistemas, Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas – SP – evandro.laranjeira@agr.unicamp.br.

² Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas – SP – rossi@agr.unicamp.br

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

RESUMO: Cultivo protegido é uma tecnologia conhecida há muito tempo e com a ampliação do conhecimento biológico e o desenvolvimento de novas tecnologias resultaram numa maior ênfase em controles climáticos. Atualmente no mercado, existem equipamentos capazes de controlar diversos fatores, entretanto, a grande dificuldade reside em manipular todos estes elementos de uma forma precisa e racional, para alcançar o clima ideal na casa de vegetação, com um mínimo de gasto de recursos e insumos. Neste trabalho, foi realizada a avaliação de um modelo computacional para controle climático, com algoritmo desenvolvido em Lógica *Fuzzy* ou Nebulosa, aplicando equações de balanço energético e psicrometria, gerenciando os equipamentos mais comuns, visando um mínimo de intervenção humana no processo. O estudo foi realizado em duas estruturas distintas e com níveis tecnológicos variados.

PALAVRAS-CHAVE: Casas de Vegetação, Ambientes Controlados, Lógica *Fuzzy*.

SOFTWARE MODEL FOR GREENHOUSE CONTROL AND SUPERVISION EVALUATION

ABSTRACT: Since a long time protected culture is a well-known technology and the increasing of biological knowledge and the new technologies development resulted in a great emphasis on climatic control. Nowadays there are several equipments in the market able to control the temperature, relative humidity, ventilation, solar radiation and artificial illumination as well. Difficulties are related to the manipulation of all these elements in an adequate way to reach the optimum climate conditions with a minimum resource and input expenses.

In this project it was realized an climatic manager algorithm software evaluation using Fuzzy logic and climate models based on “thermal loading calculation”, psychrometrics, managing the most common equipment available in the market with a minimum human intervention in the process. This Project has been made in two distinct structures and sorted technological levels.

KEYWORDS: Greenhouses, Protected Environment, Thermal Comfort, Energy, Fuzzy Logic.

INTRODUÇÃO: Um dos fatores preponderantes no sucesso do cultivo protegido é o desenvolvimento de tecnologias dos sistemas de supervisão e controle na automação agrícola, utilizados em larga escala nos dias de hoje. Hoje temos a disposição recursos computacionais avançados e que permitem alcançar controles muito próximos do ideal, entretanto, quando mais de uma ou duas variáveis estão envolvidas, recursos computacionais (algoritmos lineares) simples são extensos e difíceis de proporcionarem, verdadeiramente, um controle ideal. Esta dificuldade pode ser contornada, utilizando-se técnicas específicas para um sistema especializado, no caso, a Lógica *Fuzzy* ou Nebulosa.

Neste trabalho, foi o desenvolvido e avaliado, através de simulações, um modelo computacional para controle climático com algoritmo desenvolvido em Lógica *Fuzzy* ou Nebulosa. O diferencial deste projeto reside no desenvolvimento de um controle que leve em consideração o estado presente da planta e não somente dados climáticos para determinar quais ações de controle devem ser tomadas. Os resultados foram obtidos através de comparações nas ações de controle do modelo proposto com dados obtidos em duas estruturas de produção.

MATERIAL E MÉTODOS: Estruturas: As estruturas estudadas foram denominadas estruturas A e B. A estrutura A, consiste numa casa de vegetação experimental do Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética - CEBEMEG - da Universidade Estadual de Campinas/SP. Esta estrutura é do tipo arco e possui revestimento plástico.

A casa de vegetação tem como equipamentos, uma bomba para irrigação e iluminação artificial composta por um conjunto de 65 lâmpadas incandescentes, consistindo de 5 linhas com 13 lâmpadas. Ambas são controladas por dispositivos simples, baseados em temporizadores.

A estrutura B compreende a uma casa de vegetação comercial de produção de Rosas de Corte, localizada no município de Andradas – MG. Esta estrutura possui cobertura com revestimento de material plástico (polietileno), e de acordo com dados fornecidos pelo produtor, esta estrutura possui maior grau de controle, dispondo dos seguintes equipamentos, sendo controlados por dispositivos baseados em *set-points*: Cortinas Horizontais, Ventiladores, Pad/Nebulizadores e Exaustores.

Recursos Computacionais: As simulações apresentadas neste trabalho foram realizadas utilizando equipamentos pertencentes ao laboratório de informática - LABIN e Laboratório Técnico de Eletrificação Rural - LATER, ambos localizados na da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI / UNICAMP. Quanto aos softwares, foram utilizados o Fuzzy Logical Toolbox do MATHLAB 6.4, para testes dos conjuntos e regras. A linguagem de programação utilizada foi o Delphi (Object Pascal), versão 6, utilizando a plataforma Windows (9x/ME/2000/XP).

Cálculos de clima: Os cálculos de balanço energético (Albright, 1990) são utilizados no modelo para obter os índices de ganhos ou perdas de calor em estruturas, onde estes influenciam diretamente fatores como temperatura e umidade, no modelo são contemplados os ganhos e perdas para o período diurno. Estes cálculos tem por finalidade evitar extremos que possam ser prejudiciais à planta.

Déficit de pressão de vapor folha-ar: Este constitui o parâmetro mais importante implementado no modelo, onde o comportamento estomático tem sido usado como um indicador das condições da planta. Sendo que baixas temperaturas do ambientes e elevados déficits levam a uma diminuição da abertura estomática, o que provavelmente afeta a absorção radicular. Mantendo-o dentro de um intervalo considerado ideal a planta responderá muito rapidamente à correção de clima efetuada pelo controle.

Variáveis ambientais: Utilizando os conceitos da teoria *fuzzy*, são analisadas e processadas pelo modelo computacional as seguintes variáveis ambientais: radiação PAR e Global, temperatura e umidade (internas e externas à estrutura), velocidade de vento, luminosidade, temperatura da folha e do solo. O princípio de funcionamento do controle climático segue, a estratégia de possibilitar sempre uma variação dentro de uma faixa de controle desejável, já que as plantas toleram algumas variações. Os limites de cada parâmetro foram definidos com base em dados mencionados na literatura (Leal, 2000; Bliska e Honório, 2000). O modelo possibilita a ação em ventiladores, exaustores, cortinas laterais e horizontais, nebulizadores e iluminação artificial.

RESULTADOS: Na estrutura A foram avaliados o desempenho do modelo computacional com relação a iluminação artificial, porém evidencia-se que foram realizados levando em consideração condições padrão com relação tempo de irradiação solar e necessidade de complemento.

Na estrutura B, foram avaliadas e comparadas as ações de controle tomadas pelo controle existente com as sugeridas pelo modelo computacional, foi possível notar que em algumas ocorrências, as ações de controle foram coincidentes em ambos, mas em sua maioria não. O modelo proposto possui o recurso de combinar o uso de equipamentos a fim de se obter resultados em um tempo menor.

As nomenclaturas utilizadas são:

- Temp e Umid Internas – Referem-se a temperatura e Umidade do ar interno a estrutura.
- DPV – Cálculo realizado pelo modelo computacional, afim de se estimar o estado da planta no dado momento, categorizado utilizando a lógica *fuzzy* como Baixo, Ideal e Alto. Ressaltando que os extremos Baixo e Alto, são prejudiciais a atividade fisiológica da planta.
- Cortina H – Ação de Controle referente a Cortina horizontal
- Ventilador – Ação de Controle referente ao Ventilador/ Circulador, ou seja, qualquer meio de fluxo de ar forçado.
- Pad/Nebulizador – Ação de Controle referente ao Pad/Fan ou Nebulizador.
- RadG – Radiação Solar Global, categorizado utilizando a lógica *fuzzy* como Baixo, Ideal e Alto
- Céu – Refere-se a presença ou não de nuvens, utilizado para evitar erros de medição nos dados de incidência de radiação solar.
- Ações de Controle foram classificadas em: Desativado (desligar o equipamento), Ativado (ligar o equipamento) ou Nulo (sem ação de controle necessária)

As tabelas abaixo demonstram comparativamente as ações de controle tomadas em ambos os tipos de controle.

Tabela 1 – Análise de clima e ações de controle – modelo computacional

DIA 01	Temp Interna	Umid Interna	DPV	Cortina H	Exaustor	Ventilador	Pad/Nebulizador	RadG	Céu
08:00	IDEAL	ALTA	BAIXO	Desativar	Ativar	Ativar	Nula	Baixo	Limpo
09:00	IDEAL	ALTA	BAIXO	Desativar	Ativar	Ativar	Nula	Baixo	Limpo
10:00	IDEAL	ALTA	IDEAL	Nula	Ativar	Ativar	Nula	Baixo	Limpo
11:00	POUCO ALTA	ALTA	IDEAL	Nula	Ativar	Ativar	Nula	Baixo	Limpo
12:00	ALTA	ALTA	BAIXO	Desativar	Ligar	Nula	Nula	Alto	Limpo
13:00	ALTA	POUCO BAIXA	IDEAL	Ativar	Nula	Nula	Ativar	Médio	Limpo
14:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Limpo
15:00	ALTA	IDEAL	IDEAL	Ativar	Nula	Nula	Ativar	Alto	Limpo
16:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Nublado
17:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Nublado
18:00	POUCO ALTA	ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Ativar	Nula	Baixo	Nublado

Tabela 2 – Análise de clima e ações de controle – controles existentes

DIA 01	Temp Interna	Umid Interna	DPV	Cortina H	Exaustor	Ventilador	Pad/Nebulizador	RadG	Céu
08:00	IDEAL	ALTA	BAIXO	Desativar	Nula	Nula	Nula	Baixo	Limpo
09:00	IDEAL	ALTA	BAIXO	Desativar	Nula	Nula	Nula	Baixo	Limpo
10:00	IDEAL	ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Nula	Nula	Baixo	Limpo
11:00	POUCO ALTA	ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Nula	Nula	Baixo	Limpo
12:00	ALTA	ALTA	BAIXO	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Alto	Limpo
13:00	ALTA	POUCO BAIXA	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Limpo
14:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Limpo
15:00	ALTA	IDEAL	IDEAL	Ativar	Nula	Ativar	Nula	Alto	Limpo
16:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Nublado
17:00	ALTA	MUITO ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Ativar	Nula	Médio	Nublado
18:00	POUCO ALTA	ALTA	IDEAL	Desativar	Nula	Nula	Nula	Baixo	Nublado

CONCLUSÃO: No caso da estrutura B foi possível verificar que devido ao fato de os controles existentes não relacionarem os diversos parâmetros climáticos entre si antes de ativar ou não algum equipamento, pode ocasionar efeitos indesejáveis tais como desativar a cortina horizontal sob alta incidência de radiação solar por levar em consideração apenas um fator crítico e não vários. Em outros casos nota-se a ausência completa de ações por parte dos equipamentos em situações críticas.

Com relação ao nível tecnológico foi possível constatar que existe uma necessidade mínima de sensores para efetuação dos cálculos básicos de avaliação de clima; no caso temperatura, umidade, radiação solar e temperatura de solo, pois caso contrário, a única alternativa seria o uso das médias locais, porém isto torna a avaliação muito subjetiva e não reflete o estado real da estrutura.

O projeto cria possibilidades para continuidade e aperfeiçoamento, que já estão sendo exploradas. Uma vez que todas as suas possibilidades não foram exploradas completamente, exemplo seria agregar novas rotinas a base de conhecimento tais como ações de controle de vários equipamentos ao mesmo tempo. Isso seria de grande inovação e permitiria que o modelo atuasse com maior precisão quando comparado aos sistemas convencionais e com possíveis resultados a curto período de tempo.

AGRADECIMENTOS: Agradeço a todos que de alguma forma auxiliaram na realização do projeto, em especial ao professor doutor Luiz Antonio Rossi, pelo seu empenho e competência com que sempre me orientou, contribuindo para o aprimoramento intelectual, profissional e pessoal adquirido. Uma ressalva para as instituições FAPESP e CNPQ pelo auxílio financeiro concedido e em especial a Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP pela disponibilização do material e equipamento utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRIGHT, L.D. **Environment Control for Animals and Plants**. St.Joseph: ASAE, 1990, 453p.

BLISKA Jr, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha Tecnológica de Plasticultura e Estufa**, Ed. 2º, Unicamp., Campinas, SP. 2000.

HANAN, Joe. J. **Greenhouses: Advanced Technology for Protected Horticulture**. Flórida: CRC PRESS, 1997, 684p.

LEAL, P.M. **Carga de Aquecimento e Resfriamento em Estruturas**. <<ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/ap358/cargadeaquecimentoresfriamento.doc>>. Acesso em: 12 Agosto 2004