

"AUTOMAÇÃO DOS SISTEMAS PARA AUMENTO DO CONFORTO ANIMAL"

Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva
Núcleo de Pesquisa em Ambiente - NUPEA
Departamento de Engenharia Rural
ESALQ - USP.

1. INTRODUÇÃO:

Cada vez em que olhamos o futuro, vemos que os sistemas de produção de leite tendem a focar, de maneira sistêmica: o bem estar da vaca, a qualidade do leite produzido, a qualidade do trabalho da mão de obra e o ambiente físico final da produção inclusive o tratamento a que estão submetidos os resíduos. A ênfase em cada um desses aspectos mudam conforme mudam as tendências de produção.

A tendência é que a atividade de produção leiteira se torne cada vez mais, precisa, ou seja, dependa menos de variáveis externas, e mais de decisões inteligentes.

Dessa forma, quando falamos de decisões inteligentes, falamos de altos níveis de tecnologia, modernização, adoção de novos conceitos, automação, controle, precisão, resultando num conceito de Zootecnia de Precisão, assim como numa Gestão da Qualidade Total do processo produtivo.

O significativo avanço tecnológico da produção de leite observado na última década, impôs profundas alterações nos sistemas de criação em favor de modelos com o alto nível de confinamento.

A bovinocultura leiteira competitiva e altamente tecnicada tem exigido animais geneticamente melhorados, nutrição e manejos adequados, instalações planejadas e equipadas de forma a propiciar condições ambientais satisfatórias.

Condições ambientais apropriadas estão diretamente relacionadas com a ambiência e qualidade do ambiente. O conceito de qualidade do ambiente ideal para a produção industrial de animais, está ligado aos princípios de conforto térmico, que são amplos e que por sua vez envolvem o microclima gerado dentro das instalações, influenciado pelas condições externas (macroclima).

Esses conceitos, estão relacionados com a redução otimizada de perdas, dentro de todo o processo gerenciado. Como cada segmento da produção é passível de otimização, o todo também passa a ser otimizado.

São diversas as formas de se atingir as condições de conforto dentro de uma granja leiteira sendo necessário porém, buscar soluções práticas e econômicas, dentre elas utilizar todos os mecanismos naturais e artificiais de controle. Procurar-se-á discorrer nesse texto os princípios dos sistemas e os principais resultados obtidos, com a adoção de sistemas de controle do ambiente para produção de leite.

2. AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS - CONCEITOS:

Um sistema de automação permite monitorar e controlar o funcionamento de um sistema físico de forma segura, rápida e automática. O monitoramento visa automatizar o registro de ocorrências num dado sistema, bem como alertar o produtor em caso de situações excepcionais. O controle visa automatizar tarefas rotineiras e respostas comuns a certas características do ambiente (onde ambiente significa tudo o que existe em torno do sistema de automação, inclusive animais). Existem inúmeros exemplos de sistemas de automação com os mais variados graus de complexidade. Todos eles, entretanto, tem alguns pontos comuns que os caracterizam. Um sistema de automação deve de alguma forma perceber o ambiente que o cerca e atuar nesse ambiente de modo razoavelmente previsível. Para isso, são necessários sensores e atuadores. Na maioria dos casos, também é necessário pelo menos um controlador inteligente e possivelmente um meio pelo qual diferentes unidades do sistema possam comunicar entre si e com o meio externo, Fialho (1999).

Muitas das tarefas de rotina de uma granja leiteira podem ser automatizadas. A automação permite também a execução de tarefas que antes eram difíceis ou impossíveis de serem realizadas. Isso implica num maior grau de controle e numa maior quantidade de informação a respeito do sistema de produção, Fialho (1999).

A automação pode ser feita em diversos níveis, um deles é a implantação de um sistema de coleta de informações, composto de uma série de sensores e dispositivos para coletar e armazenar informações. Existem sensores de temperatura, pressão, umidade, níveis de determinados gases, pH etc. Cada tipo de sensor funciona à sua própria maneira, sendo necessário uma unidade microcontroladora para ler a informação dos sensores, armazenar e/ou processar essa informação.

Outro nível de automação é a implantação de sistemas de controle que executam tarefas com base num conjunto de informações. Essas podem ser pré - programadas ou podem ser função da informação coletada por meio de sensores.

Um terceiro nível de automação é um sistema de coleta de registro de dados, capaz de armazenar a informação coletada por sensores ou ações executadas por sistemas de controle. Essa informação pode ser processada posteriormente, ou pode se constituir num histórico de ocorrências na granja leiteira, que pode ser consultado no caso de qualquer eventualidade. Um exemplo pode ser um histórico da qualidade e temperatura do leite num tanque de refrigeração, que pode ser usado para comprovar se a mesma foi adequada e utilizada em tempo hábil.

2.1 Sensores:

A maioria dos sistemas de automação necessita de algum tipo de interface que lhe permita avaliar o estado atual do sistema. Essa interface geralmente consiste em sensores que medem características do sistema, tais como temperatura, intensidade luminosa, teor de determinados gases no ar, etc. Estabelecendo-se um paralelo com o corpo humano, os sensores correspondem aos olhos, ouvidos, papilas gustativas e demais órgãos responsáveis pelos sentidos. Esses órgãos captam mensagens do ambiente e as transformam num impulso nervoso que é transmitido ao cérebro, onde essas mensagens são processadas. Da mesma forma, sensores captam mensagens do ambiente e as transformam num impulso elétrico. Esse impulso é geralmente transmitido a um controlador central, que reage à mensagem segundo um método pré-estabelecido. Um termostato é um exemplo extremamente simples de um sistema automatizado. Pode-se estudar as características de um termostato e relacioná-las com características gerais de sistemas de automação. Uma comparação desse tipo permite compreender alguns dos princípios fundamentais que devem estar presentes nesses sistemas, Frost et. al.(1997).

2.2 Atuadores:

Sistemas de automação não se resumem à coleta de informação a respeito de um sistema físico. Na sua maioria, eles também atuam sobre o sistema, geralmente em resposta a algum estado detectado pelos sensores. Por exemplo, além de detectar mudanças na temperatura ambiente, é preciso que o termostato seja capaz de ligar e desligar um ou mais aparelhos (aquecedores ou ventiladores). O mecanismo de funcionamento de atuadores é consideravelmente mais simples que o de sensores. Em geral, impulsos elétricos controlam quais aparelhos estarão ligados ou desligados. Em geral, a potência do impulso que sai do sistema de controle é baixa. Isso faz sentido, considerando-se que a principal função de um sistema de automação é o processamento e distribuição de informação. No entanto, frequentemente é necessário controlar aparelhos de maior potência, devendo o sinal de saída ser amplificado, com relés ou algum dispositivo semelhante. O número de tipos de atuadores é gigantesco. Basicamente qualquer sistema ou equipamento que podem ser controlados de uma

forma ou outra podendo ter a função de atuador. Alguns exemplos gerais são motores (ou qualquer equipamento que tenha um motor), resistências elétricas, luzes, válvulas, etc.

2.3 Controladores:

Para que um sistema de automação cumpra sua tarefa, os sensores e atuadores devem funcionar em harmonia. Em geral, isso é feito utilizando-se um ou mais controladores para receber informação dos sensores, processar essa informação e transmitir informação aos atuadores. Controladores são circuitos elétricos com maior ou menor grau de sofisticação. No exemplo do termostato simples com duas lâminas de metal, o mesmo dispositivo atua como sensor e atuador, não existindo um controlador separado. Entretanto, um termostato com um grau um pouco mais elevado de sofisticação utiliza um controlador simples, que interpreta o valor da temperatura lido pelo sensor, compara-o com valores pré - estabelecidos e liga ou desliga diversos atuadores, dependendo do valor da temperatura. Um circuito controlador geralmente está construído em torno de um microcontrolador programável, que é um pequeno computador contido dentro de um chip. Existem diversos tipos de microcontroladores, cada um com sua linguagem de programação e características próprias. Além do microcontrolador central, a placa do controlador pode ter outros chips, como memória para armazenar informação, conversores analógico digitais, circuitos de comunicação, etc. O microcontrolador deve ser programado em função dos sensores e atuadores que serão a ele conectados e dos demais componentes do sistema. Um esquema geral de um sistema de automação é mostrado na Figura 1.

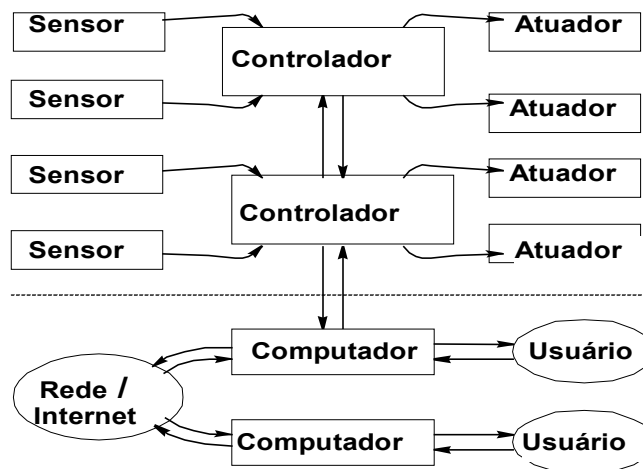


Figura 01. Componentes e fluxo de informação em um sistema de automação hipotético. (Fialho, 1999).

Na Figura 01 apresentamos um exemplo onde há dois controladores ligados entre si. Cada um deles recebe informação de dois sensores e controla dois atuadores. Como existe comunicação entre os controladores, é possível que um valor medido por um sensor acoplado ao primeiro controladores afete o modo de funcionamento de um atuador ligado ao segundo.

2.4 Comunicação:

Um sistema de automação pode ser constituído de uma única unidade de controle. Outra possibilidade é que existam várias unidades descentralizadas interligadas de modo semelhante a computadores ligados em rede, conforme pode ser visto na Figura 01. Nesse tipo de sistema, os diversos controladores trocam mensagens entre si, seguindo um protocolo pré-estabelecido.

Os padrões de funcionamento de uma rede de controladores podem ser estabelecidos de diversas formas. Um controlador pode funcionar de uma maneira quando atua sozinho e de uma maneira diferente quando ligado em rede. A rede pode servir apenas para configurar o funcionamento das unidades individuais ou pode definir cada uma das ações do controlador. Um dos controladores pode comandar os outros ou todos podem agir independentemente. A escolha mais adequada depende do tipo de sistema. Uma rede de comunicação sempre está sujeita a falhas (por exemplo, o cabo de comunicação pode ser cortado acidentalmente). Um sistema de automação bem projetado deve ser capaz de detectar e saber lidar com erros de comunicação. Os componentes do sistema devem funcionar de maneira adequada, caso ocorra interrupção nas comunicações.

A comunicação não se limita apenas à rede de controladores. Um ou mais controladores podem estar ligados a terminais de computador, de onde se pode controlar o sistema. Essa conexão pode ser permanente ou intermitente (é possível que um computador portátil seja conectado ao sistema apenas para programar e configurar o mesmo). No esquema da Figura 01, um dos controladores está acoplado a um computador, onde um usuário pode verificar o funcionamento do sistema.

3. AUTOMAÇÃO NA AGROPECUÁRIA:

Sistemas de automação têm grande potencial de uso na agropecuária. Esses sistemas são utilizados na agricultura e zootecnia de precisão, para automatizar processos, monitorar melhor os sistemas, otimizar a produção e reduzir perdas. Um sistema bem elaborado pode responder a situações de adversidade de forma inteligente, evitando que um problema se agrave. Em último caso, um sistema de alarme pode ser acionado, para chamar a atenção do produtor para possíveis problemas.

Mesmo que o produtor esteja ausente da propriedade, é possível, por exemplo, que um sistema mais sofisticado disque para um telefone automaticamente e toque uma de várias mensagens pré - definidas, alertando o produtor ou responsável de plantão a respeito da ocorrência.

Em sistemas de produção animal, é possível reduzir perdas localizadas e melhorar a eficiência, utilizando princípios de zootecnia de precisão. Isso é feito através de um controle mais rigoroso do uso de insumos, do rebanho e do ambiente. Uma das maneiras de reduzir perdas é pela identificação dos animais, que permite o tratamento diferenciado dos mesmos. Já é costume identificar animais de médio a grande porte. Para que a identificação permita a automação de certas tarefas, essa identificação deve ser eletrônica, com o uso de colar, pulseira ou implante. Seja qual for o dispositivo, um identificador eletrônico possui um transmissor que emite um número de série que permite identificar o animal e monitorar a sua atividade. A aplicação desse tipo de controle na pecuária leiteira permite que as vacas sejam identificadas automaticamente durante a ordenha. Dessa forma, a produção individual de leite pode ser medida e registrada automaticamente. Com base nessa produção, a quantidade de ração a ser fornecida para cada vaca pode ser calculada. Aplicando o mesmo princípio, é possível controlar automaticamente a quantidade de ração que uma vaca, suíno ou outro animal devidamente identificado.

O modelo conceitual de monitoramento integrado visando a produção e o bem estar dos animais, foi proposto por Frost (1997), como pode ser observado na figura 02. Nota-se que toda a automação dos sistemas inteligentes, devem ser a base de alto nível de conhecimento, das etapas do processo produtivo, compondo assim a interpretação das rotinas subsidiarão a base de dados e os modelos matemáticos que regem o equacionamento dos diferentes pontos de estrangulamento da produção visando a entrada de informações e a saída de comandos por meio dos sensores - registradores.

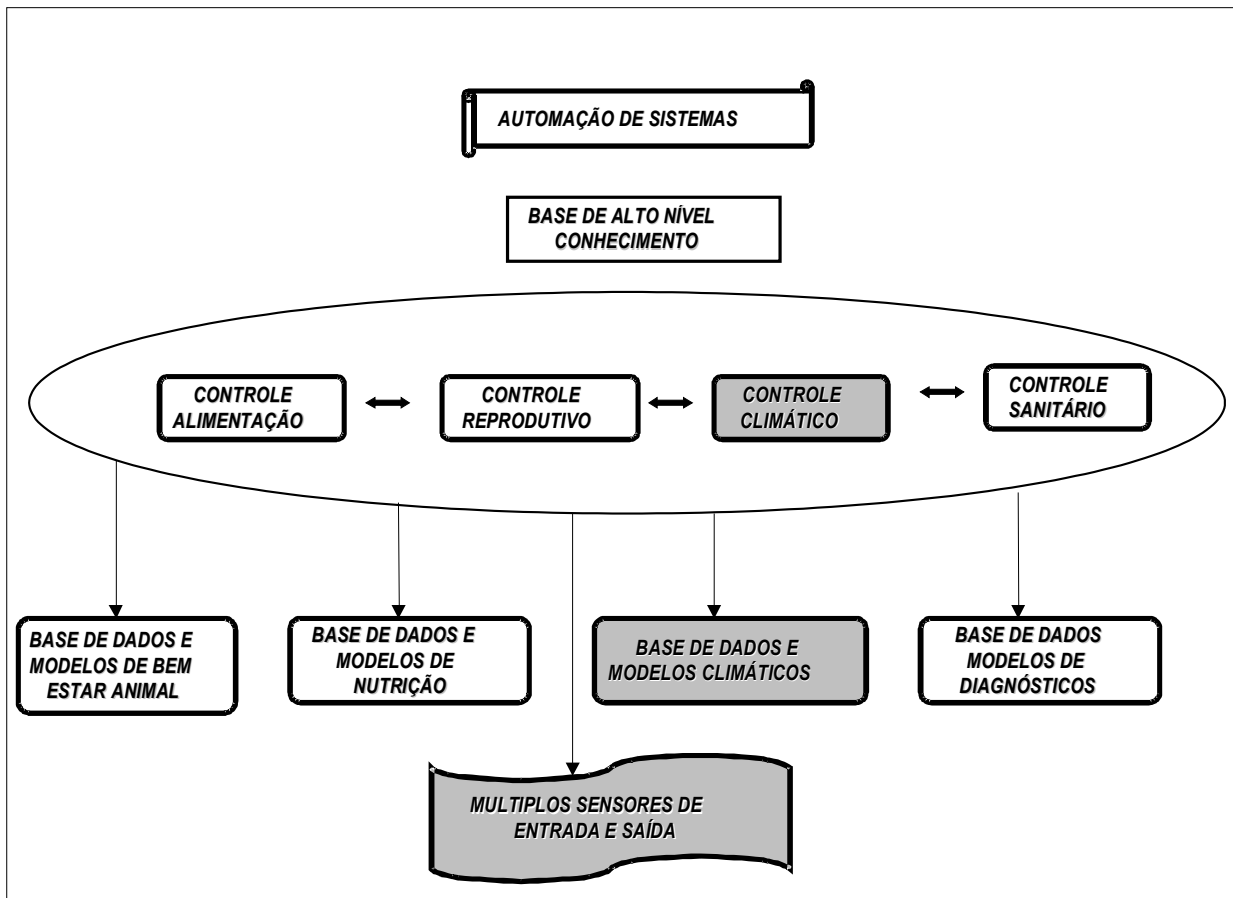


Figura 02. Conceito de sistemas de monitoramento integrado para produção animal. (Frost, et. al., 1997).

4. CONTROLE DO AMBIENTE PARA A PRODUÇÃO ANIMAL:

O ambiente térmico exerce grande influência na produção animal. O controle automatizado do ambiente de instalações já é bastante utilizado, em sistemas de produção animal. O sistema de controle ambiental pode variar em complexidade desde um sistema simples, que liga e desliga ventiladores dependendo da temperatura, até sistemas complexos, que medem temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, concentração de amônia, etc., e controlam esquemas de ventilação em túnel, abertura automática de cortinas, resfriamento evaporativo, aquecedores e outros mecanismos de controle ambiental.

Um aspecto fundamental em todos esses sistemas é prever falhas. Por exemplo, no caso de falta de energia elétrica, um sistema de controle de ambiente deve reverter a um estado seguro. Desse modo, evita-se um desastre maior no caso de queda de energia em dias quentes. O sistema deve ter mecanismos para detectar falhas e atuar corretamente quando elas ocorrem. Um bom sistema de controle deve ser capaz de detectar a restauração das condições de trabalho (por exemplo, a volta da energia elétrica) e agir de modo a restabelecer a normalidade.

Os sensores utilizados no controle ambiental geralmente são sensores de temperatura e possivelmente de umidade, tanto dentro da instalação como no exterior da mesma. Em função desses dois parâmetros, é possível estimar o conforto ambiental percebido pelos animais e atuar adequadamente. Em

situações de termoneutralidade ou pouco estressantes, o sistema deve optar pelo controle do ambiente por uso de meios naturais. Caso a temperatura se eleve, o sistema pode iniciar o uso de ventilação, em que um conjunto de ventiladores faz com que o ar passe rapidamente pelos animais, retirando do ambiente o calor por eles produzido, Silva (1998).

Nesse esquema, geralmente é usado algum tipo de resfriamento evaporativo, em que o ar é umidificado, o que causa a redução de sua temperatura. No entanto, um sistema inteligente pode detectar condições de alta umidade relativa no ar externo e optar por não utilizar o resfriamento evaporativo, visto que o mesmo seria pouco eficiente nesse caso.

4.1. Sistemas de controle do ambiente:

O conforto ambiental, até alguns anos atrás, era visto como um problema secundário, tanto do ponto de vista etológico, quanto produtivo. Presumia-se que o desconforto térmico, seria resolvido com o uso de condicionamento artificial, sem considerar os custos e problemas de implantação de um sistema de controle. Porém, na última década, a preocupação com o conforto animal vem crescendo notoriamente, principalmente quando associa-se as respostas fisiológicas como indicadores do conforto animal. (Silva, 1998).

O microclima gerado dentro de uma instalação, é definido pela combinação de elementos como variáveis termodinâmicas do ar ambiente, chuva, luz, som poluição, densidade animal, equipamentos e manejo.

O condicionamento térmico é função basicamente do **isolamento térmico** e da **ventilação**. A radiação solar incidente e o calor gerado pelos animais, constituem as principais fontes de calor nas edificações. A primeira fonte pode ser controlado pelo isolamento térmico, e o segunda, pela ventilação, Watson (1971).

A freqüente situação de altas temperaturas dentro das instalações, geralmente é devida mais à má concepção e adequação das instalações, do que propriamente a adversidade climática, sendo necessária a utilização de sistemas naturais e artificiais, para o controle eficiente do ambiente. (Esmay, 1983; Nääs et. al., 1994; Silva, 1998)

Os sistemas de controle de ambientes naturais são aqueles que se utilizam de manejo, controles, densidade e outros meios naturais, para eliminar o calor excessivo gerado dentro da instalação. Neste rol entram, as aberturas laterais, o tipo de telhado, manejo de cortinas, bem como o recobrimento de áreas circunvizinhas e sombreamento. **No caso de métodos artificiais**, ditos mecanizados, estão o uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeração da água de beber, isolamento térmico de canos, caixas d'água, ou outras tubulações que venham a ser uma fonte adicional de calor nas instalações, (Pereira, 1991)

4.2. Características e resultados dos climatização de ambientes:

A climatização por meios artificiais é sem dúvida nenhuma a mais eficiente, porém, a tomada de decisão em adotar um sistema vai depender do nível tecnológico da exploração, do potencial genético dos animais, e principalmente do nível de mão da obra.

Basicamente o uso de sistemas de controle automatizados podem se resumir em:

- Ventilação forçada: com o objetivo de aumentar a dissipação de calor por convecção e evaporação.
- Nebulização ou aspersão de água junto com a ventilação objetivando reduzir a temperatura interna do ar ambiente, favorecendo as trocas sensíveis de calor (Sistemas de resfriamento adiabático evaporativo - SRAE).

A ventilação forçada é adotada sempre que os meios naturais não proporcionam o índice de renovação de ar ou o abaixamento da temperatura necessário, apresentando a vantagem de ser independente das condições atmosféricas.

Para as condições brasileiras, em que as médias anuais de temperatura estão acima de 25°C, considera-se a ventilação forçada como um elemento imprescindível dentro de galpões de produção.

Naturalmente que, sendo a ventilação um meio de dissipar gases e calor, as necessidades de ventilação são menores no inverno do que no verão. O ar movimenta-se de forma helicoidal, promovendo a circulação e, com a entrada de ar fresco, a renovação. O ar quente, aquecido pelas fontes de calor de dentro das instalações, animais, equipamentos, calor de condução e outros, tende a se localizar na parte superior da cumeeira, formando um bolsão de ar quente. Esse ar, quando não consegue ser libertado, tende a retornar, retroalimentando negativamente o sistema.

Durante o verão, a temperatura e umidade relativa elevadas, podem fazer com que a necessidade de ventilação no interior das instalações, seja maior do que as usualmente recomendadas. Na busca de se alcançar o máximo de produção, o resfriamento do ambiente torna-se necessário, com adição de sombra e ventilação. A evaporação de água da superfície das instalações é uma prática econômica, e muito utilizada, (Martin & Bucklin, 1994).

4.2.1. Sistema de Resfriamento Evaporativo:

O Resfriamento Evaporativo é um método de resfriar o ar pela evaporação da água consistindo basicamente em sistemas de nebulização baixa e alta pressão. O processo de resfriamento evaporativo é utilizado também em sistema acoplado de ventilação e umidificação. Alguns produtores utilizam o sistema de aspersão sobre a cobertura dos galpões para minimizar o efeito da carga térmica radiante nos animais, Baêta et. al. (1997).

Quando a água evapora de uma superfície, essa superfície resfria-se porque a água requer calor para mudar do estado líquido para o de vapor. Cada grama de água evaporada retira 590 calorias em forma de calor sensível. Conforme o estado de saturação do ar que entra em contato com a água, esse a absorve. Dessa forma, quando o ar quente e insaturado entra em contato com uma superfície molhada, parte da água é evaporada. À medida que ocorre a vaporização, o ar e a água resfriam-se e o processo se dá até a total saturação do ar. O resfriamento evaporativo é um processo adiabático, ou seja, não há nenhum ganho ou perda de calor. Portanto, a energia requerida para evaporar a água é suprida pelo ar com conseqüente umedecimento do ar insaturado e redução da temperatura de bulbo seco. Dessa forma, os sistemas de resfriamento evaporativo na criação de animais são utilizados com o objetivo de reduzir a temperatura interna dos galpões, minimizando os efeitos indesejáveis do estresse calórico sobre os mesmos (Abreu et. al., 1999).

4.2.2. Sistema de Nebulização:

O sistema de nebulização é constituído de bicos nebulizadores que fragmentam a água em minúsculas gotas, distribuindo-a no interior do galpão na forma de jato d'água. Esse sistema pode ser operado em alta e baixa pressão. Quanto maior a pressão de trabalho do sistema, maior será a quebra da gota d'água. Quando a quebra do diâmetro da gota d'água é grande, forma-se uma névoa, o que é considerado nebulização.

Os principais componentes de um sistema de nebulização são: a) O Conjunto moto bomba que é o organismo responsável para imprimir ao sistema a energia necessária à adição e distribuição de água. b) Tubulações, das quais fazem parte a Linha de Suprimento que conduz a água da fonte de abastecimento à Linha Principal; a Linha Principal que faz a ligação entre a linha de suprimento e as linhas de nebulização e Linha de nebulização que conduz a água da linha principal aos nebulizadores. c) Nebulizadores, têm a função de pulverizar o jato de água, distribuindo-o em forma de chuva. São os componentes essenciais e principais do sistema, determinado diretamente a qualidade, a eficácia e o rendimento da nebulização. Devem permitir certas condições de implantação, realizar uma nebulização uniforme, economia de água e energia. d) Acessórios, são válvulas, filtros, registros, suportes e manômetros que melhoram a eficiência do conjunto. Apesar dos sistemas de

nebulização não dispensarem filtros no próprio bico, é imprescindível que a água seja de boa qualidade e isenta de sólidos em suspensão. Um filtro de linha de fácil limpeza também deve ser instalado para limpezas preventivas e freqüentes, Baêta et. al. (1997).

Segundo Abreu et. al. (1999), o tamanho do diâmetro da gota também é um fato importante a ser observado, uma vez que, um maior número de gotas com diâmetro pequeno permite maior eficiência evaporativa que um menor número de gotas com diâmetro grande. Isso porque, em um mesmo volume de água, gotas pequenas possuem maior área de contato e melhor troca térmica com o ar a ser resfriado que gotas de diâmetro grande. O tamanho da gota aumenta com o aumento da vazão do bico nebulizador e, ângulos de pulverização maiores, produzem gotas mais finas ou menores. O jato pulverizador deve ser homogêneo e uniforme, evitando a formação de estrias e gotas grandes que podem chegar facilmente ao piso, umedecendo a cama.

A uniformidade da distribuição do jato d'água não deriva unicamente dos bicos nebulizadores, mas do fato que todos os bicos do sistema não são alimentados com a mesma pressão em razão das perdas de carga na rede. A variação de pressão na rede conduz à variação de vazão, quebra das gotas d'água e distribuição desigual do jato. Para diminuir esse efeito é conveniente estabelecer que a variação de pressão entre bicos nebulizadores posicionados em condições mais e menos favoráveis, não exceda a 20% da pressão média. Assim, a variação de vazão entre os bicos nebulizadores não supera 10%. É bom lembrar, ainda, que a linha de suprimento deverá conduzir água em quantidade e pressão requeridas para o funcionamento das linhas principal e de nebulização, Curtis (1987).

4.2.3. Sistemas de Ventilação associados ao Resfriamento Evaporativo:

Os processos de ventilação apenas melhoram a sensação térmica dos animais, embora sejam importantes na renovação do ar do galpão e na eliminação de gases tóxicos e umidade. Os ventiladores muitas vezes não diminuem a temperatura interna da instalação sendo necessária a utilização conjunta de ventiladores e nebulizadores.

A associação de sistemas de ventilação e de nebulização, vai potencializar a climatização de uma edificação, por permitir a circulação de ar frio no ambiente interno, aumentando a remoção de calor, que é função direta da diferença de temperatura entre o ambiente externo e interno e entre o ambiente interno e o animal alojado (Silva, 1998).

Os nebulizadores podem por exemplo, serem distribuídos em linhas transversais ao longo do galpão. Essa distribuição de nebulizadores, torna o processo de resfriamento evaporativo mais efetivo e uniforme. Os nebulizadores devem ser divididos em dois estágios de funcionamento, com os dois circuitos controlados por termostatos diferentes. Desta forma, o estágio A promove o resfriamento quando é acionado (25 a 28°C) e o estágio B promove um resfriamento adicional no galpão quando em temperaturas maiores (acima do "setpoint" de B, 28°C). Esse método reduz o aumento na umidade relativa quando o galpão apresenta temperaturas não tão altas, mas ainda necessitando de resfriamento, e ao mesmo tempo resfria o galpão quando submetido a temperaturas muito altas. Deve-se instalar mais linhas de nebulização próximas as entradas de ar para que o ar que entra no galpão seja prontamente resfriado. Essa disposição das linhas de nebulização permitem que o resfriamento do galpão seja mais uniforme na medida que as gotículas percorrem uma certa distância evaporando-se, o que permite que se aumente o espaçamento entre as linhas de nebulizadores ao longo do galpão.

Em climas quentes e úmidos, a aspersão e o uso de ventiladores, ou então de nebulizadores associados a sistemas de ventilação, podem ser utilizados com bastante eficiência no resfriamento das instalações. Os sistemas de aspersão e de ventilação obtiveram alguns avanços, e possuem baixo custo de manutenção. (Martin & Bucklin, 1994). Estes equipamentos, devem ser dimensionados de acordo com o número e idade dos animais, dimensões do galpão, quantidade de calor a ser trocado por convecção, e clima externo. Neste caso, o número de

ventiladores a ser adotado, deve ser proporcional ao número total de animais adultos alojados, ao diferencial de temperaturas internas e externas, velocidade externa de ventos e eficiência de aberturas. A colocação dos ventiladores, deve ser de forma a criar uma maior turbulência dentro do galpão. A melhor configuração, é em contraposição de fluxo, desde que os ventiladores estejam colocados a um terço da distância das laterais, percorrendo portanto, duas linhas de colocação. A associação dos ventiladores com os nebulizadores, otimizam o processo de resfriamento adiabático, naturalmente dentro de limites de umidades relativas em torno de 70%.

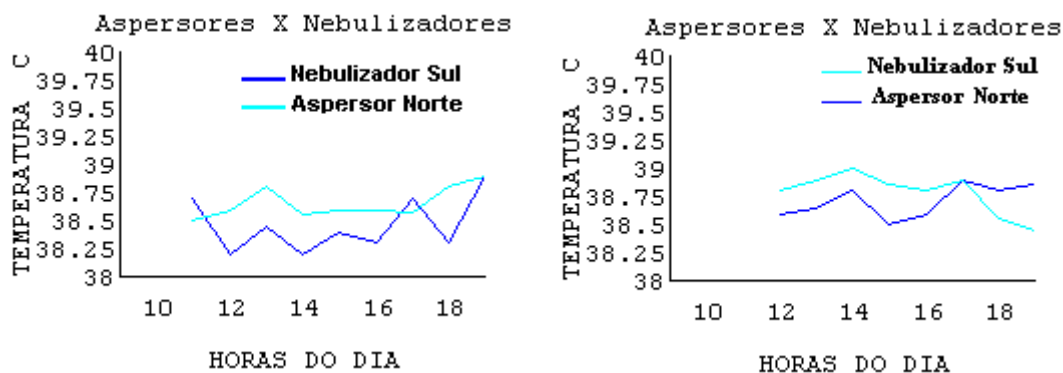
Quando a temperatura ambiente é superior a ótima, correspondente à da região de conforto, é necessário aumentar a taxa de ventilação, a fim de eliminar o calor produzido pelos animais e uma temperatura excessiva dentro da instalação. A ventilação destes ambientes, pode promover melhorias nas condições termohigrométricas, podendo representar um fator de melhora do conforto térmico de verão, ao incrementar trocas de calor por convecção e evaporação

O sistema de nebulização, associada à ventilação, consiste na formação de gotículas, extremamente pequenas, que aumentam muito a superfície de uma gota d'água exposta ao ar, o que assegura uma evaporação muito mais rápida. Colocados em frente ao ventilador, o movimento do ar acelera a evaporação, e evita que a pulverização ocorra em um só local, (Tinôco,1995).

A pulverização de água, frontalmente a ventilador ou diretamente sobre os animais provoca um rápido choque térmico e umedecimento do ambiente, por isso seu uso tem se restringido nos picos de estresse calórico na produção animal, o que pode ser justamente o caso de grande período de espera.

A figura 03 mostra o resultado do uso de aspersores e nebulizadores na temperatura basal de bovinos de leite. Para bovinos de leite, o sistema de nebulização, associado ao de ventilação, através de alta pressão, produz uma névoa que se evapora com o fluxo de ar originado pelo ventilador, não molhando o chão. Este sistema é mais dispendioso inicialmente, e requer mais atenção do que o sistema ventilador e aspersor. O sistema é provido de pequenos bocais que entopem facilmente, havendo a necessidade de cuidados especiais, para que ocorra uma satisfatória operação do sistema, (Bray *et. al.*, 1994).

Os ventiladores são componentes críticos de cada sistema, seja o ventilador e aspersor, ou o ventilador e nebulizador. Podem ser utilizados em ventilação dirigida, ou para a circulação do ar em área total. Ao se projetar uma instalação, deve-se dar atenção aos locais onde as estruturas de suporte dos ventiladores serão colocadas. Podem ser montados em vigas e caibros, suportes fixados em colunas, ou mesmo no topo de pequena colunas instaladas com este propósito. Além disso, devem ser locados de maneira que minimizem o potencial de deriva da água, que pode cair sobre o piso ou cama, (Martin & Bucklin, 1994).



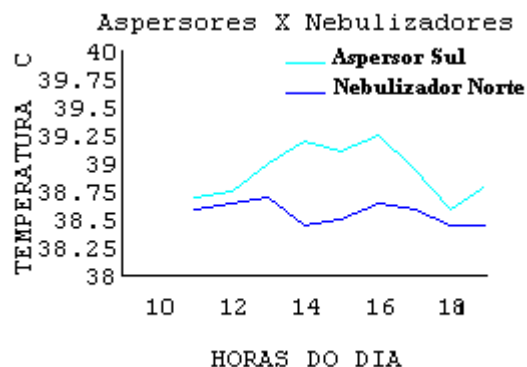


Figura 03. Variação da temperatura basal de vacas, submetidas a dois sistemas de resfriamento, em dias diferentes (aspersão/ventilação e nebulização/ventilação) (Bray *et. al.*, 1994).

Silva *et. al.* (2000), usaram o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em vacas holandesas, durante o período em que as mesmas permaneceram no curral de espera e na sala de ordenha. O sistema foi composto por ventiladores e nebulizadores fixados numa mesma estrutura. Os resultados referentes ao horário mais quente do dia, ou seja as 15:00 horas, pode ser observado na Tabela 01. Verificaram que os efeitos do uso do resfriamento no curral de espera foram significativos na melhoria das condições de conforto do animal, o que não foi observado nas características térmicas da sala de ordenha. Porém, os resultados de produção foram apresentaram diferenças significativas, o que pode ser observado também na Figura 04.

Tabela 1: Avaliação de médias pelo teste de Tukey para as variáveis de respostas na ordenha das 15:00 horas

2ª Ordenha (Curral de Espera)			2ª Ordenha (Sala de Ordenha)		
Índices	c/ neb. ¹	s/ neb. ²	Índices	c/ neb. ¹	s/ neb. ²
TG°C	24.87b	27.23a	TG°C	26.80a	26.60a
Ta°C	25.22b	27.75a	Ta°C	27.85a	28.35a
UR%	95.83a	79.66b	UR%	79.58a	82.42a
Produção L	-	-	Produção L	26.51a	24.78b
THI	75.59b	78.17a	THI	78.30a	77.95a
WBGT	24.72a	25.49a	WBGT	25.48a	23.71b
CTR	440.54b	459.05a	CTR	458.22a	457.13a
BGHI	75.18a	77.26a	BGHI	76.89a	75.90a
Freq. Card. ³	73.42b	83.25a	Freq. Card. ³	64.25a	64.25a
Freq. Resp. ⁴	60.08b	75.83a	Freq. Resp. ⁴	45.25a	45.25a
T. Retal ⁵	38.90a	39.15a	T. Retal ⁵	38.67a	38.67a

(¹com nebulização, ²sem nebulização, ³freqüência cardíaca, ⁴freqüência respiratória, ⁵temperatura retal)

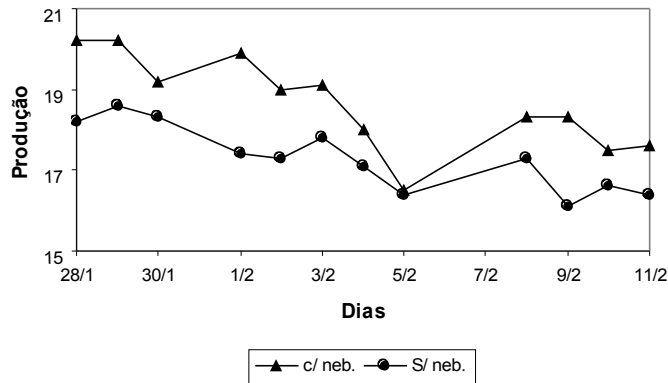


Figura 04: Variação da produção de leite para animais expostos no curral de espera com nebulização (c/neb.) e sem nebulização (s/neb.) na ordenha das 15:00 horas. (Silva, 2000).

De acordo com os resultados apresentados, o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), por nebulização, altera significativamente as condições de conforto térmico no curral de espera e sala de ordenha, bem como reduz a frequência respiratória e frequência cardíaca. De acordo com esse experimento a produção de leite aumentou em média 7,28% no grupo de animais que foram submetidos a climatização, além de uma significativa redução na frequência respiratória e cardíaca, que apresentou em média um decréscimo de 40% e 23% respectivamente.

Pinheiro et. al. (2001), avaliaram o uso de sistemas de resfriamento evaporativo em vacas jersey, e concluíram que mudanças significativas ocorreram na redução da temperatura de globo negro, entre os galpões dotados do sistema SRAE e o sem o SRAE. Verificaram que a redução na quantidade do calor existente no ar seco (entalpia) foram altamente significativos, como pode ser observado na Figura 05.

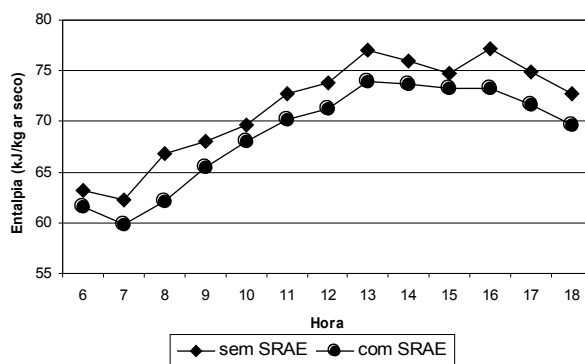


Figura 05. Valores médios de entalpia (KJ/Kg ar seco), para o período de verão, em galpões de produção leiteira, com sistema de resfriamento evaporativo tipo fogging (com SRAE) e galpões sem o sistema de resfriamento evaporativo (sem SRAE).(Pinheiro, 2001)

Os autores verificaram também que de acordo com a intermitência do sistema, as alterações na umidade relativa do ambiente (Figura 06), são praticamente insignificantes, porém, deve-se ressaltar que os intervalos de utilização devem ser programados para o acionamento de acordo com as variações do ambiente, considerando a inércia térmica do sistema.

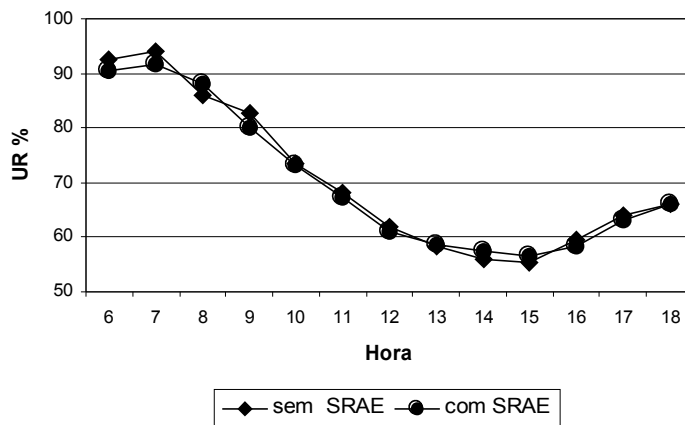


Figura 06. Valores da umidade relativa (UR%) para o período de verão, em galpões de produção leiteira, com sistema de resfriamento evaporativo tipo fogging (com SRAE) e galpões sem o sistema de resfriamento evaporativo (sem SRAE). (Pinheiro, 2001)

Várias pesquisas (Means et. al. (1992); Turner et. al. (1992); Strickland et. al. (1989); Igono et. al. (1987); Flamembaun et. al. (1986); comprovaram anteriormente os resultados obtidos por Silva et. al. (1999) e Pinheiro et. al. (2001), realizados no Brasil sobre o uso de sistemas SRAE, com nebulizadores e ventiladores na redução do estresse térmico de vacas em climas quentes. Com base de estudos na Florida (Strickland et. al., 1989), Missouri (Igono et. al., 1987), Kentucky (Turner et. al., 1992) os benefícios diretos do resfriamento evaporativo foram: aumento de 7,8% no consumo alimentar; 12% (2,5Kg/dia) na produção de leite, de 0,2 a 0,5°C no decréscimo da temperatura corporal, e 29% na redução da taxa de respiração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As instalações para bovinos, em um clima tropical como o Brasil tem um desafio maior que em países temperados por ter que lidar com altas temperaturas e umidades relativas que freqüentemente ocorrem. Entretanto, há o benefício de construções mais abertas e mais baratas, ou ainda investimentos mínimos nas instalações. Sejam os fatores ambientais, os fisiológicos, ou os comportamentais, todos tem sua parte na compreensão da ambiência animal. Tudo isso sugere estudos multidisciplinares para o entendimento, cada vez melhor do bem estar animal.

Apesar dos grandes avanços na bovinocultura, existe possibilidade de melhorar a eficiência de produção. No entanto, para que isso ocorra, é necessário usar tecnologias mais avançadas que diminuam as perdas e controlem o sistema de produção de maneira mais rígida. Na zootecnia de precisão, a informação passa a ser um recurso valioso, que permite otimizar o uso de insumos no sistema de produção. O uso de sistemas de automação permitem o controle preciso da utilização de recursos. No entanto, para verificar efeito dos mesmos, é necessário que tecnologias mais básicas de melhoria da produção já estejam sendo empregadas. De nada

adianta um sistema de automação altamente sofisticado numa granja onde ele será mal utilizado, por falta de pessoal com treinamento adequado no seu uso.

Dessa forma derrubando os limites que possam existir entre as áreas envolvidas com certeza as respostas serão mais completas, rápidas e possibilitarão que as novas tecnologias tornem a bovinocultura brasileira mais competitiva e empreendedora.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. Uso do resfriamento adiabático evaporativo. EMBRAPA-CNPQA. 1999. 51p.
- BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. Viçosa. UFV. 1997.246p.
- BRAY, D.R.; BUCKLIN, R.A.; MONTOYA, R.; GIESY, R. Means to reduce environmental stress on dairy cows in hot, humid environments. IN: Dairy system for the 21 Century. Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference. Ray Bucklin Ed. ASAE, St. Joseph. Michigan. 1994.
- CLARK, J.A. Environmental Aspects of Housing for Animal Production. London. Butterworths. 1981.511p.
- CURTIS, S.E. Environmental management in animal agriculture. Iowa,. Iowa state University Press. 1987. 407p.
- ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport CT: ABI Publishing Co., 1982. 325p.
- FIALHO, F.B.; FOWLER, P.A.; BRAY, D.R.; BUCKLIN, R.A.A.; YERALAN,S.; TRN,T.; BRAUN, R.K. A microcontroller based system for monitoring vacuum pulses in milking machines. ASAE paper n.97-100. St. Joseph, Michigan. 1997.9p.
- FIALHO, F.B. Modernização no controle da produção de suínos: zootecnia de precisão. IN: Silva, I.J.O. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos. Fealq. 1999.246p.
- FLAMENBAUM,I.; WOLFENSON,D.; MAMEN,M.; BERMAN,A. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. Journal of Dairy Science, 69:3140-3147. 1986.
- FROST, A.R.; SCHOFIELD,C.P.; BEAULAH, S.A.; MOTTRAM, T.T.; LINES, J.A.; WATHES, C.M. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. Computers and Eletronics in Agriculture, n.17 p. 139-159. 1997.
- HAHN, G. L.; HRUSKA, R. L. Bioclimatology and livestock housing : theoretical and applied aspects. Paper ASAE, n. 89-4531. 13p. 1989.
- HAHN, G.L. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. Journal of Animal Science, v.52, n.1, p.175-186, 1981.
- IGONO, M.O.; JONHNSON, H.D.; STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D. Physiological, productive and economic benefits of shade, and fan systems versus shade for Holstein cows during summer heat. Journal Dairy Science, 70:1060 - 1079.1987.
- MARTIN, J. G. , BUCKLIN, R. A. Design & layout of dairy freestall housing for the southeast. IN: Dairy system for the 21 Century. Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference. Ray Bucklin Ed. ASAE, St. Joseph. Michigan. 1994.
- MEANS, S.L.; BUCKLIN, R.A.; NORDSTEDT, B.K.; BEEDE, D.R.; BRAY C.J.; WILCOX, W.K. Water application rates for a sprinkler and fan dairy cooling system in hot, humid climates. Applied Engineering in Agriculture, n.8 v.3, p.375-379. 1992.
- NÄÄS, I. A. Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo, Ed. Ícone. 1989. 183p.
- NÄÄS, I.A.; FIALHO, F.B. Zootecnia de Precisão: Aplicação na Produção de leite. In: Silva, I.J.O. Ambiência na produção de leite em clima quente. Fealq. Piracicaba. 201p. 1998.

- PINHEIRO, M.G.; SILVA, I.J.O.; ROMA JR., L.C.; PIEDADE, S.M.S. Avaliação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações para bovinos de leite. XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu. 9p. CDrom. SBEA. 2001.
- SILVA, I.J.O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. IN: In: Silva, I.J.O. Ambiência na produção de leite em clima quente. Fealq. Piracicaba. 201p. 1998.
- SILVA, I.J. O.; NÄÄS, I. A.; SEVEGNANI, K.B. Effect of natural shading on the total solar heat load. In: FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT. Mineapolis, 1997. Proceedings. Mineapolis: ASAE. v.2, p.680-685. 1997.
- SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; ARCARO JR.; I.; PIEDADE, S.M.P.; MOURA, D.J. Efeitos da climatização de ambientes em condições de pré-ordenha e ordenha na produção de leite. Scientia Agrícola, Piracicaba. 9p. 2000. (no prelo).
- STRICKLAND, J.T.; BUCKLIN, R.A.; NORDSTED, R.A.; BEEDE, D.K.; BRAY, D.R. Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. Applied Engineering Agriculture, n.5 v.2, p.231-236. 1989.
- TINÔCO, I. F. F., Planejamento de instalações avícolas face as variações de temperatura. Reprodutoras In Simpósio Internacional sobre Ambiência e Instalação na Avicultura Industrial, Campinas, São Paulo, p. 118 - 120, 1995.
- TURNER, L.W.; CHASTAIN, J.P.; HEMKIN, R.W.; GATES, R.S.; CRIST, W.L. Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. Applied Engineering Agriculture n.8 v.2, p.251-256. 1992.
- WATSON, H. Insulation southern hog building. National hog farmer. F10.5p.1971.