

Universidade Federal de Viçosa – UFV  
Departamento de Zootecnia – DZO  
Disciplina: Fisiologia de Plantas Forrageiras e Ecologia do Pastejo  
Professor: Domicio do Nascimento Júnior  
Acadêmico: Elias San Vito

## PECUÁRIA DE PRECISÃO

Revisão bibliográfica apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como parte das  
exigências da disciplina Fisiologia de Plantas  
Forrageiras e Ecologia do Pastejo.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

## **Introdução**

A pecuária de precisão, no contexto dos ecossistemas pastoris, é a forma moderna de gerenciar os sistemas de produção animal a pasto. Consiste na medição de diferentes parâmetros dos animais, a modelagem desses dados para selecionar a informação que se quer, e o uso desses modelos em tempo real visando o monitoramento e o controle de animais e rebanhos (Berckmans, 2004).

A pecuária de precisão integra os conhecimentos de comportamento animal, a tecnologia eletrônica e os sistemas de decisão aplicados ao pastoreio (Laca, 2008). O fundamento está em conhecer o comportamento em pastejo dos animais e saber por que, e como, modificá-lo. O condicionamento do comportamento ingestivo, via treinamento dos animais com recompensas e criação de aversões, as cercas virtuais, o aumento do valor percebido dos sítios de pastejo são exemplos de ferramentas de precisão que podem ser usadas no manejo de ambientes pastoris.

O mundo enfrenta desafios ambientais sem precedentes, e a produção de gado esta no centro desse estágio. Relatório controversos publicados pelo (United Nations Steinfeld et al. 2006), indicaram que a pecuária sobre pastejo ocupa 26% da superfície terrestre livre de gelo, e que a pecuária tem levado a degradação de 20% das pastagens e terras de pastagens (73% dos pastos em áreas secas). Independentemente de a produção de gado produzir impactos maiores ou piores que outros setores, o fato é que a pecuária gera enormes benefícios para os seres humanos, mas também tem consequências negativas sobre a terra. Assim, é necessário melhorar os sistemas pecuários para minimizar impactos ambientais, mantendo alta produtividade, qualidade e eficiência energética.

Precisão refere-se a produção de gado para a exploração de vários níveis de heterogeneidade e as respostas não-lineares em processos de produção para aumentar a rentabilidade e reduzir impactos ambientais. Essa abordagem procura fazer uso de grandes quantidades de informações específicas sobre cada animais e locais para otimizar o

desempenho. Neste papel, o sistema de manejo do pastejo de precisão faz parte do complexo de produção de gado de precisão.

Este trabalho integra o conhecimento sobre comportamento animal, posicionamento em pastagem, gestão e comunicação global, tecnologia para tratar simultaneamente o impacto ambiental e os desafios de marketing e oportunidades apresentados pelos manejo do pastejo. O objetivo com este trabalho é trazer informações sobre a relação custo-eficácia de sistema que permite a rastreabilidade da produção animal, permite o manejo flexíveis do pastejo para minimizar impactos ambientais, melhorando assim a eficiência econômica.

## **1. Pecuária de Precisão**

### **1.1. Manejo das Pastagens**

A pecuária de precisão, em conjunto com a perspectiva multifuncional das pastagens (Hervieu, 2002) englobando tanto a produção animal quanto os serviços ambientais, resulta em novo paradigma para o manejo e a utilização dos ambientes pastoris, onde os objetivos e meios transcendem a meta da simples produção animal perseguida até os tempos recentes.

Os desafios para a utilização de ruminantes em pastagens muito se modificaram nos últimos anos. De forma geral, a busca por recordes de produtividade animal dá lugar cada vez mais a necessidades de explicar e justificar o processo produtivo (Carvalho, 2005). Houve tempo em que a produção de ruminantes em pastagens era, por si só, um sistema de produção reconhecido como ecologicamente correto, mas já não é mais. Contou definitivamente, para tanto, a recente e controversa publicação da FAO de 2005, que culpou os ruminantes pelas emissões de cerca de 1/3 do metano emitido no mundo. O Brasil, e seus quase 200 milhões de bovinos, passaram a estar sob vigilância ecológica mundial, com reflexos evidentes sobre as relações comerciais futuras para a comercialização dos produtos animais oriundos de pastagens.

Segundo Berchielli (2010), o futuro da pecuária é, portanto, o cerne de um debate sério preocupado com o grave problema da crise alimentar global. Tem como principais desafios as perspectivas políticas e as perspectivas de risco associadas com a intensificação da produção animal, principalmente no âmbito da economia em rápido crescimento, as questões ambientais relacionadas com a utilização excessiva dos recursos naturais e da subsequente depleção de sua capacidade de regeneração. Essas questões ambientais dizem respeito à poluição do ar, tais como a emissão de gases de efeito estufa, à saturação do solo e qualidade da água. Por isso, sistemas de produção mais eficientes devem ser mais eficientes no aproveitamento dos insumos administrados (Demarchi, 2009).

Este contexto resulta no fato de que as pastagens não são mais apenas produtoras de produto animal. Além disso, têm que ser reconhecidas dentro de uma visão holística, cujo papel ultrapassa a simples produção e se integra na expectativa de serviços ecossistêmicos, destacando-se a regulação dos ciclos biogeoquímicos, abrigando populações de diversos invertebrados que têm um papel importante nos ciclos de carbono e nitrogênio, sobretudo, bem como de aves e mamíferos para os quais a pastagem é fonte de alimento e de abrigo (Carvalho et al., 2009).

Assim, o manejo de pastagens passa a fazer face a novos paradigmas. Hervieu (2002) destaca que o manejo dos pastos deva levar em conta o atributo de multifuncionalidade das pastagens, que ilustra a nova expectativa que as sociedades têm para com o ambiente pastoril. Dentre tais expectativas destacam-se a construção e a ocupação da paisagem, a preservação de biodiversidade, o suporte a sistemas agrícolas no manejo de efluentes, o papel de vetor de imagens de produtos ecologicamente corretos e de base para sistemas de produção animal mais sustentáveis e independentes.

De acordo com Carvalho et al. (2009), neste contexto, o bovino não mais tem por objetivo a simples colheita de forragem e sua transformação em produto animal. Na perspectiva de estar trabalhando em ambientes pastoris, onde o papel do herbívoro é ocupado pelo ruminante doméstico, os bovinos, ovinos e caprinos têm responsabilidades junto ao fluxo de nutrientes, com a atividade e diversidade da microbiota do solo, com a mesofauna, com a estrutura da vegetação, etc. Sendo que o manejo passa a almejar a construção de ambientes pastoris multifuncionais via controle do pastejo, seu impacto na vegetação e, por conseguinte, no funcionamento do ecossistema (Carvalho, 2005).

Segundo Laca (2009b), há necessidade de se incorporar a heterogeneidade e escalas não lineares de interações ecológicas que são variáveis no tempo e no espaço, tais como a seleção de dietas e o processo de desfolhação. Da mesma forma, Hacker et al. (2008), afirma que a pecuária de precisão permite manejar os recursos forrageiros de tal forma a

compatibilizar o suprimento de forragem com a demanda dos animais. A novidade está na possibilidade de se alcançar este objetivo pelo gerenciamento do sistema a partir de telemetria. Para tanto, a base da proposição da pecuária de precisão estaria no monitoramento individual e remoto dos animais e das pastagens, o que a tecnologia recente está cada vez mais nos oferecendo (Carvalho et al., 2009).

## **1.2. Ferramentas e Conceitos**

A pecuária de precisão, pela integração das novas tecnologias com o conhecimento do comportamento animal, pode reduzir impactos ambientais negativos como o sobrepastejo (Laca, 2009a). De fato, as aplicações dessas tecnologias são potencialmente imensas, inclusive podendo contribuir para a rastreabilidade dos produtos, uma vez que oferece registros quanto a origem dos produtos e o seu meio de produção.

Dentre exemplos da aplicação dos conceitos de pecuária de precisão em sistemas de produção estão os cochos, comedouros e aguadas de controle remoto que visam interferir na distribuição espacial do pastejo. Informações sobre a posição dos animais são obtidas por GPS (*Global Positioning System*) e a oferta diferencial de água e nutrientes são capazes de manipular a distribuição espacial dos animais (Bailey, 2005). Também em uso já existem balanças automáticas que são instaladas em locais estratégicos, onde os animais são obrigados a passar para terem acesso a, por exemplo, aguadas, e que registram sua identidade, peso e temperatura. Essas informações são interpretadas e mangueiras eletrônicas separam automaticamente aqueles animais que demonstrem alterações suspeitas de tais parâmetros, para posterior tratamento, e enviam por telemetria todas as informações ou as tornam acessíveis pela internet (Hacker et al., 2008).

Nesse ponto podemos dizer que o monitoramento do comportamento dos animais em pastejo nas escalas individual e de rebanho está na raiz do processo.

Segundo Laca (2008), o manejo de pastagens tradicional se baseia em conceitos de equilíbrio, de capacidade de carga anual e homogeneidade espacial. Neste sentido, viria a pecuária de precisão trazer novas ferramentas para uma velha filosofia de uso dos recursos forrageiros? Ou viria para nos auxiliar a compreender e monitorar padrões comportamentais dos animais e interações com a vegetação, integrando a heterogeneidade, os efeitos não lineares, a dinâmica do desequilíbrio dirigida por eventos discretos e efeitos dependentes de escalas espaço-temporais, como sugere Laca (2009b)? De acordo com Carvalho et al (2009), acredita-se que a pecuária de precisão esteja numa “encruzilhada filosófica” e sua aplicação tenha potencial para corrigir os rumos atuais da ciência de manejo das pastagens, ou acentuá-los.

Portanto, se o pastoreio de precisão virá para dar suporte a práticas de manejo de pastagem orientadas para a redução espaço-temporal da heterogeneidade dos recursos forrageiros, enquanto promovendo a perda de biodiversidade, então podemos esperar um decréscimo nos serviços ambientais providos pelos ambientes pastoris. Mas se não obstante aceitarmos o desafio de “manejar a heterogeneidade”, usando as novas tecnologias que estão sendo disponibilizadas, então teremos novamente o ambiente pastoril em papel de destaque como provedor de serviços ambientais e mantenedor da biodiversidade (Carvalho et al., 2009).

O bocado deve ser visto como fundamental para se atingir as metas do pastoreio de precisão. A lógica está em que a pecuária de precisão, no contexto da produção de ruminantes baseada em pastagens, envolva o monitoramento do processo de pastejo o qual, de forma simplista, significa o processo de deslocamento dos animais na busca de alimento, bem como a ação de colheita da forragem pelo bocado e seu processamento para deglutição (Carvalho et al., 2009). Portanto, o pastoreio de precisão, em última análise, finda no monitoramento dos bocados desferidos pelo animal.

### **1.2.1. IGER Behaviour Recorder**

Penning (2004) descreve um buçal-sensor que se acopla abaixo da mandíbula dos animais e cuja distensão é reconhecida como movimentos mandibulares, armazenando os registros num tipo de *datalogger* acoplado ao animal.

Os dados armazenados posteriormente são discriminados através de processamento com o software *Graze* (Rutter, 2000). Esses tipos de registros já foram realizados em protocolos conduzidos no Brasil em diferentes espécies animais (ovinos e bovinos de corte e de leite) e em pastagens naturais e cultivadas (Gonçalves et al., 2009a; Gonçalves et al., 2009b; Amaral, 2009).

Os movimentos mandibulares podem ser identificados e classificados como bocados e não-bocados de acordo os critérios de amplitude e frequência especificados pelo usuário (Ungar & Rutter, 2006). Os registros podem ser observados na escala de segundos e ainda são capazes de fornecer o tempo em pastejo, ruminação e outras atividades, dentre outras informações (Gonçalves et al., 2009a).

### **1.2.2. Monitoramento Acústico**

Outra forma de monitorar o comportamento ingestivo é o monitoramento acústico, já proposto por um considerável número de publicações (Laca & Wallis De Vries, 2000; Ungar & Rutter, 2006; Galli et al., 2006). A bioacústica é uma técnica relativamente barata e não invasiva, comparativamente as demais técnicas automatizadas. O princípio está em que os movimentos mandibulares têm características acústicas que permitem sua distinção como bocados, mastigação e movimentos compostos de mastigação-bocado, e a intensidade e tipo das ondas sonoras produzidas pelo pastejo estariam associadas com a quantidade de forragem ingerida (Laca & Wallis De Vries, 2000). Com base nesta hipótese, registros sonoros estão sendo realizados em protocolos que avaliam de forma concomitante a ingestão de forragem.



Ungar & Rutter (2006) determinaram que o método acústico é melhor que o Gravador de Comportamento IGER, de classificação dos movimentos mandibulares, e indicou que é necessário ser desenvolvido sistemas de decodificação automática para que o método acústico possa ser de uso prático. Tal sistema de decodificação criado mostrou uma precisão aceitável, mas precisa de desenvolvimento (Milone et al., 2009).

Há possibilidades, também, de que se possa prever em qual tipo de estrutura no pasto os animais estariam alocando bocados. Em protocolo recente, Trindade et al. 2008 (dados não publicados) gravaram registros de som produzidos por animais que se alimentavam em pastos com alturas contrastantes.

As saídas dos registros podem ser visualizadas em softwares de áudio, onde cada pico representa o som produzido durante o movimento mandibular. Onde se percebe um padrão diferenciado de registros, onde os movimentos mandibulares em pastos altos demonstram ter maior duração e estão associados com movimentos de mastigação (picos menores) antes do corte da forragem (picos maiores), movimentos esses considerados compostos e típicos de situação de bocados de elevada massa. Já em pastos baixos os movimentos parecem ser predominantemente excludentes, típicos de baixa massa de bocado.

Segundo Carvalho et al. (2009), o monitoramento conjunto das diferentes atividades (pastejo, ruminação, descanso, entre outros) e de sua posição por GPS pode se tornar uma ferramenta decisiva na identificação dos componentes preferidos da dieta. Com essa informação prévia poder-se-ia identificar e delimitar áreas de preferência, bem como promover o aumento dos componentes preferidos ou do valor percebido de um determinado sítio. Isto permitiria progressos que, num curto prazo, aportariam subsídios para inferências mais precisas acerca do manejo da lotação e da utilização sustentável das pastagens. Assim, as ferramentas de monitoramento animal podem ser importantes para definir que espécies animais e categorias podem ser utilizadas, assim como melhor definir a disposição espacial de

aguadas, saleiros e comedouros, com o objetivo de melhorar o uso dos recursos disponíveis e promover visitas aos locais poucos freqüentados na pastagem (Laca, 2008).

### **1.3. Sistemas Integrados**

O sistema proposto é desenvolvido para fornecer três funções básicas e independentes: a posição dos animais e comportamento, à dinâmica de pastoreio e alimentação, o gerenciamento da saúde animal e rastreabilidade de precisão. A primeira das três funções envolve principalmente a gravação e transmissão de dados a partir do animal para o gerenciador, e o processamento dos dados em informações gerenciais. A segunda função incorpora a capacidade de tomada de ações de manejo remotamente. A terceira função fornece informações para efeitos de identificação dos animais, certificação de origem e gestão da saúde (Laca 2009).

Segundo Laca (2009), atualmente, o sistema está na fase de design e protótipo. Mas já se olha para as melhores tecnologias para alcançar um bom equilíbrio entre a autonomia, a intensidade de dados, precisão e custo.

Os princípios gerais do comportamento animal e características específicas do comportamento de ruminantes, fornecem uma base para desenvolver um sistema de gestão pecuária da dieta e comportamento espacial (Laca 2009). O estudo da aversão ao sabor e sua utilização para a formação da dieta tem sido intenso nos últimos 20 anos (Distel & Provenza, 1991, Thorhallsdottir et al. 1990, Villalba e Provenza, 2009). Por outro lado, o estudo da aprendizagem instrumental ou condicionamento operante de gado tem sido muito limitada, provavelmente porque percebeu-se como tendo pouca aplicabilidade. No entanto, ambas podem ser consideradas como componentes da base comportamental para controlar circulação de animais e dietas com o sistema de pastejo de precisão.

### **1.3.1. Aversão ao Sabor e Preferências**

Ao contrario do se supunha inicialmente, animais ruminantes têm um sistema cerebro/intestino com a capacidade de formar clara e duradoura aversão ao sabor, bem como o sistema em animais monogástricos (Dutoit et al., 1991). Provenza (1996b) afirma que a aversão é a queda na preferência por alimento ingerido apenas como resultado de estímulos sensoriais (sabor de um alimento, odor, textura, ou seja, o seu sabor) e os efeitos postingestive (efeitos de nutrientes e toxinas em quimioterapia, osmo e mecano-receptores), exclusivo para cada alimento.

O mecanismo de aversão ao sabor provável evoluiu como uma conseqüência da interação de animais com plantas daninhas, e tem valor adaptativo. No entanto, o mecanismo é falível, sobretudo se a correlação natural entre conseqüências sabor e efeito posingestive são manipulados para promover outros objectivos do ser humano, do que a otimização da nutrição animal, tais como a proteção das culturas e árvores (Laca 2009).

Sabor de preferência é um processo funcionalmente ligado para que os animais aprendam a preferir os sabores que estão associados com conseqüências postingestive e nutricional positivas (Myers, 2007). Sabor de preferência tem sido documentada em ruminantes, e os tipos de respostas ao treinamento podem ser muito evidentes (Provenza & Villalba, 1996, 1997a, 1999, 2000a, Villalba et al., 1999).

Segundo Laca (2009), aprendizagem a sabores de aversão ou preferência têm múltiplas características que podem ser exploradas para manipular as dietas. Neofobia, extinção, a generalização de amostragem e complementaridades são alguns dos mais relevantes. Neofobia é a redução da ingestão de novos alimentos. Ela pode ser reforçada ou criando aversões a vários sabores novos (Dutoit et al. 1991) ou diminuída pela adição de sabores familiares para novos alimentos (Launchbaugh et al., 1997), porque os animais generalizam principalmente em função do sabor e não da forma de plantas (Ginane &

Dumont, 2006), embora as correlações entre forma e sabor poderiam ser desenvolvidos através de condicionamento clássico.

A extinção é o processo pelo qual aversões são atenuadas ao longo do tempo. Animais com alimentos sempre amostra, mesmo quando possui aversão ao sabor. Se a amostragem não resulta em consequências negativas, a ingestão da comida aumenta progressivamente.

Assim, animais podem ser treinados para evitar alimentos perfeitamente seguros e aumentar a sua preferência por plantas que não são naturalmente preferidas (Provenza & Villalba, 2000b). Formação dietética será a base para controlar o comportamento no melhor nível de resolução, como modificar a pressão de pastejo sobre determinadas espécies, quando são intercaladas com os outras.

### **1.3.2. Condicionamento Operante**

Condicionamento operante ou aprendizagem instrumental é a recorrência de comportamento que é eficaz quando os animais são expostos às mesmas situações várias vezes, e envolve a eliminação dos comportamentos que são ineficazes (Staddon & Ettinger, 1989).

O condicionamento operante é comumente usado para treinar os animais para fazer tarefas ou trabalho para obter recompensas. O conhecimento comum mostra que animais domésticos podem aprender a executar comportamentos extremamente complexos através de condicionamento operante, e que eles podem desenvolver níveis elevados e intensidade das respostas.

A relação entre a taxa de resposta e horários de reforço, e as características do condicionamento operante são cruciais para o desenvolvimento de medidas e método eficazes para mover e conter animais em grandes pastagens. Embora essas relações tenham sido estudadas em muitas espécies, há pouca informação sobre o gado ruminante. Informações espécie-específica são necessárias para o desenvolvimento dos programas de formação porque

são predisposições inatas e tende a variar dependendo do ambiente onde os comportamentos são desenvolvidos (Laca 2009). Por exemplo, Langbein et al. (2007a) determinou que as cabras têm preferência por determinados símbolos, e que a aprendizagem pode ser aumentada ou reduzida, dependendo quais os símbolos estão associados com a recompensa. Além disso, a capacidade de aprender tarefas que dependem da discriminação de estímulos, depende da capacidade perceptiva, que é tipicamente diferentes entre as espécies. Portanto, há uma necessidade de investigação fundamental sobre as características da percepção e aprendizagem de ruminantes, a fim de ser capaz a formação de métodos de concepção ideal.

Estímulos visuais parecem ser mais facilmente associados a recompensas do alimento do que estímulos acústicos em bovinos. Uetake e Kudo (1994) treinaram bovinos para executar uma tarefa quando se apresentava uma luz e som simultaneamente. Em seguida, o gado foi testado em três tratamentos: dois sinais simultâneo, apenas o som, e somente a luz. O número total de acertos foi semelhante entre luz + som e tratamentos de luz, mas quando expostos somente ao ruído foi muito pior, o que foi interpretado como um dominância visual, pelo menos em relação às recompensas do alimento. Além disso, os autores determinaram que há uma dominância da cor de verde para branco ao vermelho. Isso provavelmente está relacionado ao fato de que as plantas verdes são normalmente mais nutritivas do que aqueles que refletem mais luz em outras bandas do espectro.

A pobre resposta dos bovinos com sinais sonoros foi corroborada por Wredle et al. (2006) ao tentar treinar vacas leiteiras para a abordagem da sala de ordenha em resposta a um som. Segundo Laca (2009), os sinais de som possuem uma baixa probabilidade de estarem associados a recompensas do alimento em herbívoros, e que são particularmente ineficazes quando as respostas desejadas são direcionais na natureza e no sons provenientes de dispositivos montados em animais, como tipicamente implementado em aplicações de cercas virtuais (Anderson, 2007; Hurley Bishop et al, 2007).

### **1.3.3. Instrumentação**

Um sistema de controle consiste, pelo menos, de sensores que meçam variáveis relacionadas com o estado do sistema e atuando no fornecimento ou entrada de massa de dados, e informações sobre o sistema de direção para modificação do estado. O sistema de pastejo de precisão deve ter definido as variáveis a serem medidas, ações específicas ou insumos/entradas para criar um repertório de ações de manejo (Laca 2009).

O estado dos animais é estimado pelo histórico até o tempo recente de posição, atividade, temperatura, peso e outras variáveis fisiológicas de todos os indivíduos no rebanho. O estado do resto do ecossistema, especialmente da comunidade de plantas pode ser caracterizado pela quantidade e composição da forragem ao longo do espaço, digamos, por cada 10 x 10 m ou 30 x 30 m de área da paisagem disponíveis. Outros atributos como a posição de sombras, pontos de água naturais e topografia, pode ser considerada constante ou parte do sistema de estrutura em vez de seu estado de mudança.

#### **1.3.3.1. Identificação**

O desenvolvimento e comercialização de sistemas de identificação animal está muito avançado. Uma variedade de sistemas estão disponíveis, alguns dos quais funcionam razoavelmente bem e tem sido aprovados a nível de país. O Canadá aprovou um sistema de identificação obrigatório para o gado e bisões em 2001, seguido pelo sistema de ovelhas em 2004 (Canadian Food Inspection Agency, 2008; Stanford et al., 2001). Todos os animais devem ser identificados e atiquetados antes de deixar seu local de origem ou entrar no país.

O Chile implementou um sistema de registro e rastreabilidade bovino através do qual todas as fazendas e animais devem ser registrados (Felmer et al., 2006). Como o sistema adotado no Uruguai, o sistema chileno implica que toda a movimentação animal deve ser registrada no sistema do Cadastro Nacional. No Brasil foi implantado o Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos – SISBOV, de caráter

voluntário, onde todos os bovinos e bubalinos dos Estabelecimentos Rurais Aprovados no SISBOV serão, obrigatoriamente, identificados individualmente, cadastrados na Base Nacional de Dados, com o registro de todos os Insumos utilizados na propriedade durante o processo produtivo (SISBOV 2006).

Estes sistemas facilitam muito a rastreabilidade e certificação de produtos, especialmente de carne bovina, e portanto, são ferramentas fundamentais para minimizar as perdas e perturbações do mercado causada por "vacas loucas" e doença da febre aftosa. Os tipos de dispositivos utilizados são passivos no sentido de que eles não registram ou retransmitem qualquer informação, a menos que sejam consultados por outro dispositivo que também fornece a energia necessária para a transmissão.

Segundo Laca (2009), o sistema integrado seria muito superior aos sistemas atuais, pelo menos em fornecer informações em tempo real e de alta resolução espacial: áreas e resolução de registros. Resolução espacial e temporal superior de informações melhorarão significativamente a capacidade de detectar e parar surtos de doenças. Pode-se só começar a imaginar todos os usos que os produtores e consumidores irão encontrar para essas informações, mas é seguro prever que irá facilitar o acompanhamento das taxas de pastejo, acompanhamento e contabilização dos animais da propriedade, recuperação de animais perdidos, meticulosidade de tratamentos de saúde e manejo do rebanho em geral.

### **1.3.3.2. GPS**

O uso de colares GPS para o gado na vida selvagem generalizaram-se nos últimos dez anos. Isso abriu as possibilidades de gravação de informações detalhadas da posição dos animais por longos períodos de tempo, permitindo uma compreensão mais completa dos hábitos e as causas da distribuição espacial de ruminantes. Clark et al. (2006) desenvolveu um sistema de baixo custo do que incorpora a capacidade de carregar programas e receber dados a partir de unidades móveis utilizando tecnologia de rádio sem a necessidade de alocações de

freqüência permanente. Outras unidades comerciais estão disponíveis, mas elas são mais caras e possuem capacidades inferiores.

Carvalho et al., (2009), exemplifica a utilização do GPS integrado com equipamentos que registram as atividades de pastejo, essa integração possibilita o monitoramento conjunto das atividades de pastejo, ruminação, descanso dentre outras, e o posicionamento do animal na paisagem. Além de poder ser utilizado para o mapeamento de áreas de pastagens.

A atual tecnologia do GPS pode determinar a posição individual dos animais com uma precisão de 10 m ou menos. A informações sobre a posição pode ser armazenado em pequenos cartões de memória *flash* juntamente com grandes quantidades de dados fisiológicos e de comportamento, podendo ser transmitida para um centro de gestão em tempo real ou em sessões periódicas. De acordo com Laca (2009), dada a história dos preços em tecnologia eletrônica, é muito provável que com o bom investimento em pesquisa e desenvolvimento pode-se ter um sistemas de informação do rebanho com um bom custo-benefício, com o qual será capaz de ver onde e como todos os nossos animais estão eo que eles estão fazendo a qualquer momento.

### **1.3.3.3. Monitoramento do Peso Vivo e Saúde Animal**

Sensores e técnicas de controle de peso e saúde são bem desenvolvidos para a produção leiteira em condições de confinamentos. Comportamento e mudanças de comportamento podem ser usados para detectar problemas de saúde antes que a doença afete a produtividade dos animais. Gonzalez et al. (2008) foram capazes de detectar 80% de problemas de saúde relacionados com a locomoção, cetose e laminites, pelo menos, um dia mais cedo do que a equipe da fazenda, por análise da alimentação de curto prazo. Cetose e laminites agudas manifestaram-se por picos de queda no consumo, enquanto laminite crônica foi detectada por uma tendência de queda do consumo durante vários dias.



Firk et al. (2002) tiveram sucesso no uso de um pedômetro: análise de séries de tempo avançados para detectar o estro em vacas leiteiras, mas o sistema produziu um número excessivo de falsos positivos. Temperatura corrente de vacas leiteiras pode ser estimada com um bolo intra-reticular permanente, que é comercialmente disponíveis, no entanto, as temperaturas devem ser ajustadas e comparável à temperatura retal (Bewley et al., 2008).

Métodos confiáveis de controle remoto para pesagem do gado foram desenvolvidas e testadas. A maioria destes dispositivos permitem passiva entrada de animais em uma rampa com uma plataforma de pesagem e leitor de etiquetas de identificação. Animais entram na rampa de acesso à água ou alimento. Pesagem remoto é menos prejudicial aos animais e funciona de forma eficaz (Charmley et al., 2006).

#### **1.3.3.4. Cercas Virtuais**

Segundo Laca (2009), ser capaz de controlar o comportamento espacial dos animais sem ter de construir cercas caras e inflexível é a próxima fronteira da gestão do pastoreio, notadamente em países mais desenvolvidos, onde o pastoreio é muito caro ou simplesmente impraticável.

O gado responder a estímulos tátil, visual e auditivos, e pode ser treinado para responder de maneiras específica. Os investigadores tentaram criar dispositivos que podem treinar animais para ficar longe de certas áreas ou para se mover na direção desejada por sinais fornecidos, seguido pela punição quando a resposta incorreta é exibida. Em geral, estas cercas virtuais não tem tanto sucesso como desejado, mas foram eficaz na modificação de circulação dos animais (Hurley Bishop et al., 2007).

O conceito de cercas virtuais pode ser expandido para alcançar melhores resultados. Em vez de pensar em dispositivos para manter os animais em determinadas áreas usando exclusivamente reforças negativas, como choques elétricos, devemos projetar sistemas gerais de controle ou guia de trânsito animal usando reforço positivo e projetar cuidadosamente

estímulos e horários de recompensa. O sistema de controle de animais deve ser flexível e voltado para o uso de animais tanto como produto, como para agentes de gestão da paisagem (Butler et al., 2006).

Potenciais deficiências da típica cerca virtual são paradigmas dos tipos de estímulos utilizados ea falta de um componente direcional. Ao sair da área vedada, os animais são avisados com um som que se origina na coleira/gola ou na orelha que lhes são inerentes, e depois são punidos por um choque não-direcional, que também tem origem no mesmo dispositivo (Anderson 2007). Estas imposições fazem o animais criar um novo mapa cognitivo com base na vinculação de estímulos locais com estímulos espaciais que eles podem ver na paisagem.

Segundo Laca (2009), as investigações sobre o controle do movimento deveriam usar estímulos direcional que se originem de locais específico na paisagem, e que o comportamento correto seja recompensado com a ajuda de estímulos para acelerar o encadeamento e elaboração de respostas. Aprender sobre os estímulos que vêm do meio ambiente é natural para os animais e tem sido sujeito a uma evolução e aprendizagem. Este é um conhecimento comum entre as pessoas que lidam e gerenciam o gado. O gado aprender rapidamente ir para o local de alimentação no tempo habitual de alimentação. Os animais aprendem a abordagem da chamada de alimentação eo som dos sacos de alimentos para animais e como eles são aberto.

Assim, os animais podem aprender tarefas espaciais complexas utilizando tanto memória espacial (usando os elementos da paisagem para orientação) e rapidamente adquirir estímulos visuais, tais como bandeiras coloridas (Laca & Ortega, 1995).

De acordo com Anderson (2007), quando as cercas virtuais estiverem disponíveis comercialmente em todo o mundo, vão permitir uma melhor gestão das pastagens, através de uma gestão pró-ativa de decisão em tempo real. No entanto o autor salienta que as cercas virtuais devem ser usadas em conjunto com o manejo do solo, planta e animal. Sob o risco de

ocorrer a destruição da paisagem com o uso incorreto das cercas virtuais, a uma taxa mais rápida do que usando cercas convencionais. Em última análise, o olho adequadamente treinado do gestor de recursos que compreenda as implicações ecológicas para soluções de lotação e método de pastejo, nunca deve ser substituído por algoritmos ou eletrônica, independentemente do grau de sofisticação do hardware e software que possa ser utilizado.

O atuador do lado de uma produção pecuária de precisão certamente irá incorporar o controle de plantas, controle de animais e controle das interações planta-animal. As ações de controle em questão da interação solo-planta caem dentro da esfera da tradicional agricultura de precisão, com a ressalva de que sistemas de pastagens não são entraves significativos à utilização das máquinas e métodos tradicionais.

Controle que diz respeito exclusivamente ao componente animal é bastante desenvolvido para sistemas de confinamentos, como em vacas leiteiras (Schellberg et al. 2008) onde o comportamento, saúde, peso, produção e consumo de alimentação são monitorados rotineiramente em animais identificados individualmente (Gonzalez et al, 2008;. Halachmi et al. 1998; Pastell et al, 2008a;.Peiper et al, 1993) e os animais são alimentados e manejados intensivamente. As novas áreas que requerem mais desenvolvimento são o controle dos animais e interações planta-animal em campos complexos em sistemas de pastagens.

## **Conclusões**

A produção animal está em um período de rápida adaptação e desenvolvimento, tanto a nível regional como global. Há intensas pressões e simultâneas oportunidades associadas com a necessidade de produção animal segura e ecológica. Isso criou a necessidade e oportunidade de usar sistemas de identificação animal e rastreabilidade de nível nacional em muitos países.

Simultaneamente, os avanços nas comunicações eletrônicas e das tecnologias GPS alimentada pelos seus altos consumos, resultou em grandes declínios nos preços e melhorias no desempenho, abrindo uma janela de oportunidade para criar sistemas de baixo custo com grande precisão, podendo ser utilizados na produção pecuária.

Informações sobre o comportamento animal e sua localização podem ser utilizadas para delimitar locais ou ambientes a serem utilizados pelos animais, e equilibrá-los em função de suas necessidades. Para tanto, a pecuária de precisão necessita considerar a dinâmica do processo de pastejo em sua escala mínima, o bocado. Uma vez que o papel dos herbívoros domésticos não seja mais a simples colheita de tecidos vegetais e sua conversão em produto animal, pois a eles são exigidos compromissos com serviços ecossistêmicos, origina-se o papel do ruminante como engenheiro ambiental (Carvalho et al., 2009).

A produção animal de precisão em pastagens incluirá dois sistemas relacionados: entradas de informação e gestão desses dados. O desenvolvimento de sistema para melhorar o gerenciamento das entradas é necessário para fornecer aplicativos para modificar a produção e o comportamento animal. Em termos específicos, é necessário mais investigação para gerar conjuntos de melhores condições de estímulos e dispositivos de treinamento para o gado, incluindo os alimentadores remotamente controlado. Finalmente, componentes tem de ser totalmente integrado em sistemas completos que podem ser comercializados, assim como ocorreu na agricultura de precisão.

## Referencias Bibliograficas

- AMARAL, M.F. **Estrutura do pasto como determinante do consumo de matéria seca por vacas leiteiras em diferentes tipos de pastagens**. 2009. Dissertação (Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009 (submetida).
- ANDERSON, D.M. Virtual fencing – past, present and future. **The Rangeland Journal**, v.29, p.65-78, 2007.
- BAILEY, D.W. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. **Rangeland Ecology and Management**, v.58, p.109-118, 2005.
- BERCHIELLI, T.T.. Emissão de metano em sistemas de produção de bovinos. In: **Anais do V Simpósio sobre Manejo Estratégico de pastagem**, 11 a 13 de novembro, Viçosa – MG, 2010.
- BERCKMANS, D. Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. In: **Proceedings of the ISAH Conference on Animal Production in Europe: The Way Forward in a Changing World**, vol. 1, Saint-Malo, France, October 11–13, pp. 27–31, 2004.
- BEWLEY, J.M.; EINSTEIN, M.E.; GROTT, M.W. et al. Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.12, p.4661-4672, 2008.
- BISHOP-HURLEY, G.J.; SWAIN, D.L.; ANDERSON, D.M. Virtual fencing applications: Implementing and testing an automated cattle control system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.56, p.14-22, 2007.
- BUTLER, Z.; CORKE, P.; PETERSON, R. et al. From robots to animals: virtual fences for controlling cattle. **International Journal of Robotics Research** , v.25, n.5-6, p.485-508, 2006.
- CHARMLEY, E.; GOWAN, T.L.; DUYNISVELD, J.L. Development of a remote method for the recording of cattle weights under field conditions. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.46. n.6-7, p.831-835, 2006.
- CLARK, P.E.; JOHNSON, D.E.; KNIEP, M.A. et al. An advanced, low-cost, GPS-Based animal tracking system. **Rangeland Ecology & Management**, v.59, n.3, p.334-340, 2006.
- CARVALHO, P.C.F. O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; SILVA, S.C. et al. (Eds.). **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: 2005. p.7-32.
- CARVALHO, P. C. F., TRINDADE, J.K., MEZZALIRA, J.C., ET AL.. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.109-122, 2009.
- DISTEL, R.A.; PROVENZA, F.D. Experience early in life affects voluntary intake of blackbrush by goats. **Journal of Chemical Ecology**, v.17, n.2, p.431-450, 1991.
- DUTOIT, J.T.; PROVENZA, F.D.; NASTIS, A. Conditioned tasteaversions - how sick must a ruminant get before it learns about toxicity in foods. **Applied Animal Behaviour Science**, v.30, n.1-2, p.35-46, 1991.
- FELMER, R.; CHAVEZ, R.; CATRILEO, A. et al. Current and emergent technologies for animal identification and their use in animal traceability. **Archivos De Medicina Veterinaria**, v.38, n.3, p.197-206, 2006.
- FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W. et al. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.75, n.3, p.219-232, 2002.
- GALLI, J.; CANGIANO, C.; DEMMENT, M. et al. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. **Animal Feed Science and Technology** v.128, p.14 30, 2006.

- GINANE, C.; DUMONT, B. Generalization of conditioned food aversions in grazing sheep and its implications for food categorization. **Behavioural Processes**, v.73, n.2, p.178-186, 2006.
- GONÇALVES, E.N.; CARVALHO, P.C.F.; DEVINCENZI, T. et al. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009a.
- GONÇALVES, E.N.; CARVALHO, P.C.F.; KUNRATH, T.R. et al. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009b.
- GONZALEZ, L.A.; TOLKAMP, B.J.; COFFEY, M.P. et al. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.3, p.1017-1028, 2008.
- HACKER, R.B.; THOMPSON, T.J.; MURRAY, W.K. et al. Precision pastoralism-advanced systems for management and integration of livestock and forage resources in the semi-arid rangelands in south easter Australia. In: **Multifunctional grasslands and rangelands in a changing world**. Beijing: Guangdong People's Publishing House, 2008. v.1, p.428-431.
- HALACHMI, I.; EDAN, Y.; MALTZ, E. et al. A real-time control system for individual dairy cow food intake. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.20, n.2, p.131-144, 1998.
- HERVIEU, B. Multi-functionality: a conceptual framework for a new organization of research and developmen t o n grasslands and livestock systems. In: DURAND, J.L. et al. (Eds.) **Multi-function grasslands** : quality forages, animal products and landscapes. Grassland Science in Europe, 2002. v.7, p.1-4.
- LACA, E.A. Pastoreo de precisión. In: **Bioma Campos: innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad**. Montevideo: Tradinco, 2008, v.1, p.29-40.
- LACA, E.A. Precision livestock production: tools and concepts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009a.
- LACA, E.A. Running head: new tools for grazing management. **Rangeland Ecology and Management**, 2009b (no prelo).
- LACA, E.A.; ORTEGA, I.M. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 5., 1995, Salt Lake City. **Proceddings...** Salt Lake City: Society for Range Management, 1995. p.129-132.
- LACA, E.A.; WALLIS DE VRIES, M.F. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass and Forage Science**, v.55, p.97-104, 2000.
- LANGBEIN, J.; SIEBERT, K.; NURNBERG, G. et al. Learning to learn during visual discrimination in group housed dwarf goats (*Capra hircus*). **Journal of Comparative Psychology**, v.121, n.4, p.447-456, 2007a.
- LAUNCHBAUGH, K.L.; PROVENZA, F.D.; WERKMEISTER, M.J. Overcoming food neophobia in domestic ruminants through addition of a familiar flavor and repeated exposure to novel foods. **Applied Animal Behaviour Science**, v.54, n.4, p.327- 334, 1997.
- MYERS, K.P. Robust preference for a flavor paired with intragastric glucose acquired in a single trial. **Appetite**, v.48, n.1, p.123- 127, 2007.
- MILONEA, D.H.; RUFINERA, H.L.; GALLI, J.R. et al. Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.65, p.228-237, 2009.
- PASTELL, M.; HAUTALA, M.; POIKALAINEN, V. et al. Automatic observation of cow leg health using load sensors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.62, n.1, p.48- 53, 2008a.

- PEIPER, U.M.; EDAN, Y.; DEVIR, S. et al. Automatic weighing of dairy-cows. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.56, n.1, p.13-24, 1993.
- PENNING, P.D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P.D. (Ed.). **Herbage intake handbook**. 2.ed. Reading: The British Grassland Society, 2004. p.53-94.
- PROVENZA, F.D. Postingestive feedback as an elementary determinant of food selection and intake in ruminants. **Journal of Range Management**, v.48, n.1, p.2-17, 1995.
- PROVENZA, F.D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2010-2020, 1996a.
- PROVENZA, F.D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. **Journal of Animal Science**, v.74, n.8, p.2010-2020, 1996b.
- PROVENZA, F.D.; LYNCH, J.J.; NOLAN, J.V. Food aversion conditioned in anesthetized sheep. **Physiology & Behavior**, v.55, n.3, p.429-432, 1994.
- PROVENZA, F.D.; VILLALBA, J.J.; HASKELL, J. et al. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. **Crop Science**, v.47, n.1, p.382-398, 2007.
- RUTTER, S.M. The integration of GPS, vegetation mapping and GIS in ecological and behavioural studies **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.63-70, 2007
- SCHELLBERG, J.; HILL, M.J.; GERHARDS, R. et al. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints. **European Journal of Agronomy**, v.29, n.2-3, p.59-71, 2008.
- STADDON, J.E.R.; ETTINGER, R.H. **Learning**. An introduction to the principles of adaptive behavior. 1.ed. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, 1989.
- STANFORD, K.; STITT, J.; KELLAR, J.A. et al. Traceability in cattle and small ruminants in Canada. **Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties**, v.20, n.2, p.510-522, 2001.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSERNAAR, T. et al. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- THORHALLSDOTTIR, A.G.; PROVENZA, F.D.; BALPH, D.F. Social influences on conditioned food aversions in sheep. **Applied Animal Behaviour Science**, v.25, p.45-50, 1990.
- TRINDADE, J.K.; SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. et al. Patterns of defoliation and selectivity of beef cattle during grazing of marandu palisadegrass subjected to strategies of rotational stocking. **Grass and Forage Science** (2009 – submetido)
- UETAKE, K.; KUDO, Y. Visual dominance over hearing in feed acquisition procedure of cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, n.1, p.1-9, 1994.
- VILLALBA, J.J.; PROVENZA, F.D. Learning and dietary choice in herbivores. **Rangeland Ecology & Management**. In Press, 2009.
- WREDLE, E.; MUNKSGAARD, L.; SPORNOLDY, E. Training cows to approach the milking unit in response to acoustic signals in an automatic milking system during the grazing season. **Applied Animal Behaviour Science**, v.101, n.1-2, p.27-39, 2006.