

Orçamentação forrageira: revisitando os conceitos e atualizando as ferramentas

Manuscrito para o 26º Simpósio de Manejo da Pastagem, 2011

Luís Gustavo Barioni¹

Felipe Tonato²

Tiago Zanett Albertini³

1. Introdução

A orçamentação forrageira consiste em um conjunto de cálculos que tem por objetivo gerar estimativas da massa de forragem ao longo do tempo a partir de previsões das taxas de acúmulo e desaparecimento da forragem em um sistema pastoril. O objetivo da orçamentação forrageira é garantir um equilíbrio adequado entre a produção e a demanda de forragem, de forma a assegurar que a pastagem e os demais recursos produtivos sejam utilizados eficientemente. A análise e a comparação das projeções da massa de forragem são extremamente úteis para apoiar decisões relacionadas ao ajuste da taxa de lotação e ao manejo da pastagem em cenários alternativos. A orçamentação forrageira é de uso amplo em sistemas pastoris de outros países, tais como Nova Zelândia, Reino Unido, Austrália, EUA e França. Nesses países, diversos *softwares* e planilhas foram desenvolvidos. No Brasil, o desenvolvimento e aplicação dessas ferramentas são ainda incipientes.

O fato de a pecuária bovina ser uma das atividades socioeconômicas mais importantes para o Brasil, e de que as pastagens são a principal fonte alimentar do rebanho, tem incentivado a geração de conhecimento e desenvolvimento de técnicas e ferramentas de apoio à tomada de decisões em sistemas pastoris. Nesse artigo temos como principais objetivos apresentar os principais conceitos de orçamentação forrageira e apresentar algumas técnicas e ferramentas computacionais que podem ser utilizadas para auxiliar na sua elaboração.

¹ Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas - SP

² Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus - AM

³ Pós-Doutorando -PNPD (CNPq) junto aos grupos da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande – MS e Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP.

2. Fundamentos da orçamentação forrageira

A saúde, o crescimento e a fertilidade de animais domésticos dependem da disponibilidade de alimentos em quantidade e qualidade para que suas exigências nutricionais sejam atendidas. Em um sistema de produção de ruminantes, marcadamente de bovinos, o consumo de alimento responde por 60 a 90% das variações de desempenho (Van Soest, 1994). Nutrição e níveis de produtividade adequados dependem, então, de assegurar condições adequadas da pastagem ao longo do tempo. Isso faz com que uma preocupação primordial seja a de garantir um adequado suprimento de alimento aos animais, ajustando o suprimento à demanda (Silva e Pedreira, 1997). Obter o equilíbrio da relação oferta/demanda é o ponto chave para o sucesso de qualquer sistema de produção pastoril e também um dos maiores desafios para quem o gerencia.

Variações entre oferta e demanda de forragem, não ocorrem, geralmente, de forma sincronizada. É comum haver épocas com desbalanços indesejáveis, que se refletem na queda de desempenho por escassez ou perdas por excesso de forragem. A maior causa desses desbalanços decorre do fato de que as plantas forrageiras são sensíveis à oferta ambiental de fatores de crescimento, marcadamente, luz, temperatura e água (umidade no solo). Entretanto, a oferta desses fatores ao longo do ano é variável e estacional. A intensidade com que essas variações climáticas se refletem na pastagem depende do genótipo da forrageira (Figura 1).

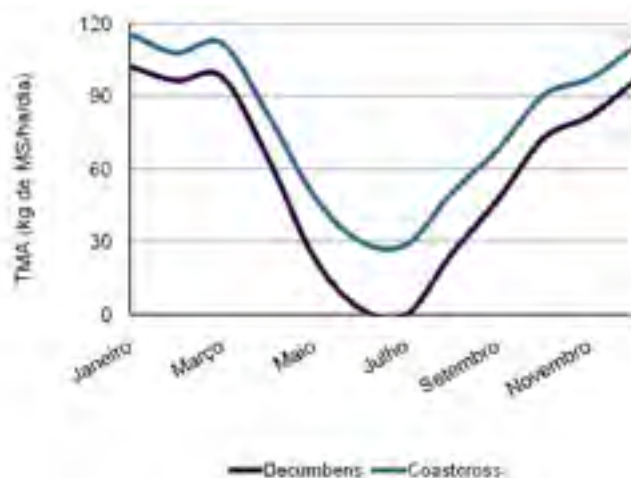


Figura 1. Variação estacional na taxa média de acúmulo de forragem (TMA) de duas espécies forrageiras em Piracicaba, SP (mesmo período, local, solo e clima) obtida aplicando-se o modelo de Tonato et al. (2010). Dados climáticos obtidos do INMET (1992). No eixo y, MS é o teor de matéria seca da forragem.

Essa sazonalidade de produção, ocorre em todos os locais, com maior ou menor intensidade (Figura 2). De acordo com Rolim (1994) apenas 9% das áreas agricultáveis do planeta não apresentam limitação nenhuma ao crescimento das forrageiras, sendo que em 36% das áreas

existem limitações em função de temperatura, 31% por causa de déficit hídrico, e em 24% pela combinação de ambos.

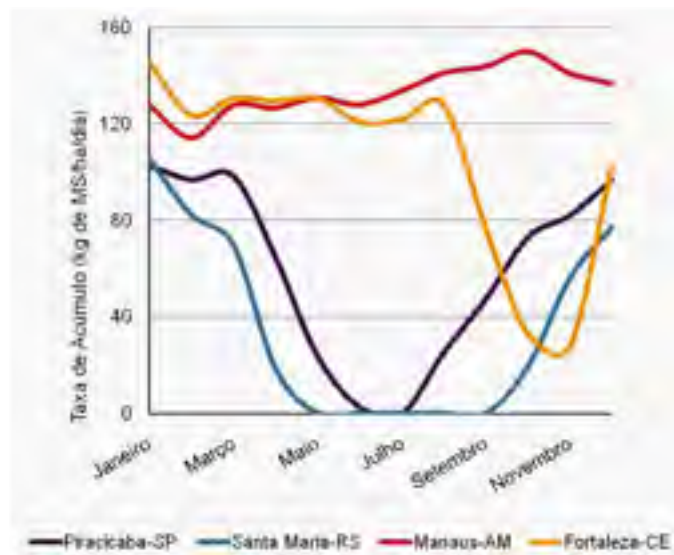


Figura 2. Taxas de acúmulo de forragem de Marandú ao longo do ano em cinco cidades representativas de cada Região Geográfica do País obtida aplicando-se o modelo de Tonato et al. (2010). Dados climáticos obtidos do INMET (1992). No eixo y, MS é o teor de matéria seca da forragem.

Por outro lado, a demanda por alimento em um sistema de produção também é variável ao longo do tempo, se alterando em função do crescimento dos animais, alterações no estado fisiológico (e.g. gestação e lactação) e da variação no número de animais no rebanho, resultado de nascimentos, morte, compras e vendas.

Em função da complexidade dos processos envolvidos na dinâmica de oferta e demanda é muito improvável que se obtenha acidentalmente o equilíbrio desejado. O que normalmente ocorre é, ou o déficit de alimento para o rebanho, com a demanda superando a oferta (super-pastejo), ou o excesso, com a oferta sendo maior do que o necessário (sub-pastejo). Ambas as condições tem conseqüências indesejáveis para o sistema de produção. Prejuízos econômicos ocorrem nessas situações em função da queda no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, desperdício de insumos (e.g. fertilizantes) e degradação das pastagens, como se observa em grande parte das áreas pastoris do país.

A orçamentação forrageira pode ser realizada no longo, médio e curto prazos, embasando as decisões em diferentes aspectos do ciclo de produção. O planejamento de longo prazo (estratégico) determina condições gerais do sistema de produção, como, por exemplo, manejo do período monta, época de desmama dos bezerras, número de animais no rebanho, taxa de reposição de fêmeas, entre

outros. No prazo médio (tático), as decisões estão relacionadas a situações de falta ou excesso de forragem, venda ou compra de animais para determinado período, ou relacionadas às condições ambientais ou de mercado imprevistas. Exemplos são decisões sobre o período de fornecimento de um determinado suplemento ou o momento para o abate de um lote de animais. O nível de curto prazo (operacional) se refere ao manejo da pastagem em si, ou seja, quais animais serão alocados para qual área de pastagem e por quanto tempo.

É importante salientar que o orçamento forrageiro, como instrumento de planejamento, trata primordialmente dos níveis estratégico ou tático no que diz respeito ao balanço geral entre suprimento e demanda, além da condição média da pastagem em termos de massa de forragem. A alocação dos animais em piquetes individuais ou da condição da pastagem em pré e pós-pastejo não é tratada diretamente com essa técnica.

Em termos estratégicos, as estimativas de variação no estoque de forragem são, usualmente, realizadas em intervalos mensais ou quinzenais. O uso de períodos mais curtos é desaconselhado já que, atualmente, os métodos de estimativa de forragem para forrageiras tropicais dificilmente detectam confiavelmente as variações na massa de forragem que ocorrem em intervalos menores que um mês e a variabilidade nas taxas de acúmulo de forragem em períodos semanais são extremamente altas e de difícil previsão.

Na orçamentação, assim como em qualquer outro instrumento de planejamento, é necessário se estabelecer valores de referência, indicadores para a avaliação da efetividade de uma determinada estratégia. A massa média de forragem (kg/ha de matéria seca ou kg/ha MS) em estoque para cada período do ano constitui-se no principal indicador utilizado, de forma a permitir que se avalie se a quantidade de forragem disponível tende a diminuir ou aumentar ao longo do ano. Com a massa média também é possível avaliar se a condição da pastagem se mantém em níveis adequados para o desempenho da planta forrageira e dos animais. Outros parâmetros têm sido propostos como indicadores das condições ideais de manejo das pastagens, como a altura do dossel, o índice de área foliar e a razão de interceptação de luz, situação para a qual são muito efetivos (Silva e Nascimento Junior, 2007). Por ser uma técnica que utiliza fluxo de massas, a orçamentação não permite que esses indicadores sejam utilizados diretamente. Há, porém, a possibilidade de se utilizar a relação entre a massa de forragem e esses indicadores para fins de avaliação das estratégias e monitoramento do plano traçado.

Ao adotar a orçamentação forrageira para o planejamento alimentar do rebanho é fundamental que tenha a consciência de que o orçamento obtido é uma estimativa, um cenário, útil para se comparar alternativas e assegurar que o plano é biologicamente consistente. Entretanto, os dados que “alimentam” o sistema (dados médios ou históricos, por exemplo), como condições climáticas e expectativas de desempenho do rebanho, variam em condições reais, gerando desvios entre o

estimado e o obtido. Então o orçamento não tem por objetivo prever exatamente o que vai acontecer, mas ajudar a comparar planos alternativos, estabelecer metas e valores de referência e evidenciar limitações e pontos de estrangulamento de forma objetiva.

O planejamento com base na orçamentação deve ser flexível, de forma a permitir adaptações às mudanças impostas por variáveis como clima e mercado, que não podem ser controladas, exigindo que os administradores do sistema monitorem o que está efetivamente ocorrendo, e caso constatem desvios, procedam os ajustes necessários.

Conceitualmente, o planejamento alimentar engloba um espectro amplo de fatores necessários ao desenvolvimento de um sistema de produção, pois nele estão inseridos outros componentes como o orçamento alimentar, o planejamento forrageiro e o orçamento forrageiro que devem ser realizados previamente para que o planejamento alimentar seja correto. Em função dessa congruência, esses diferentes processos têm sido usados e mencionados como sinônimos quando na realidade não o são, sendo na verdade processos complementares.

O planejamento alimentar pode ser definido como a atividade gerencial de estabelecer previamente todas as estratégias e atividades necessárias para produzir e fornecer uma quantidade predeterminada de alimento ao longo de certo período de tempo, sendo que essa quantidade de alimento pode ser composta por diferentes alimentos, tanto volumosos (frescos ou conservados, diretamente colhidos pelo animal ou fornecidos a ele pelo homem), como concentrados, fornecidos das mais diversas formas (suplementação, semi-confinamento, confinamento, etc.).

Já o planejamento forrageiro tem o mesmo objetivo primordial, mas refere-se apenas aos alimentos volumosos, desconsiderando suplementação concentrada ou outras formas de alimentação, e portanto está inserido dentro do planejamento alimentar. Em linhas gerais, fornece estimativas da quantidade de forragem produzida em cada área ou piquete e as metas para taxa de lotação, produtividade animal e quantidade demandada de forragem (Barioni et al., 2006).

A orçamentação forrageira se restringe à contabilidade da quantidade de alimento demandada e produzida visando estabelecer cursos de ação mais promissores e metas para os estoques de forragem e desempenho animal. Essas ações visam determinar desvios em relação ao desempenho planejado. O planejamento inclui além da parte contábil fornecida pela orçamentação diversas outras questões

operacionais como: quais forrageiras e suplementos serão utilizados, como serão manejados e utilizados, com que recursos financeiros isso será feito, entre outros.

3. Os Cálculos

Como foi dito, as projeções de estoque de forragem são baseadas em estimativas dos fluxos de acúmulo (crescimento - senescência) e desaparecimento de forragem (ingestão pelos animais + perdas no pastejo). A massa de forragem em um período (MF_{i+1} , kg/ha MS) é calculada conforme a Equação 1.

$$MF_{i+1} = MF_i + (A_i - D_i) \times \Delta t \quad \text{Equação 1}$$

Onde: MF_i é a massa de forragem inicial do i -ésimo período (kg/ha MS); A_i é taxa média de acúmulo de forragem (kg MS·dia⁻¹); D_i é taxa média de desaparecimento de forragem (kg MS·dia⁻¹) e Δt é a duração do período (dias).

Um orçamento confiável depende, portanto, de boas estimativas de valores de taxa média de acúmulo de forragem e taxa média de desaparecimento de forragem (kg MS·dia⁻¹) para cada período e da massa inicial de forragem (métodos para estabelecimento desses parâmetros serão abordados na sequência desse artigo). A orçamentação pode ser implementado em planilha eletrônica, conforme os cálculos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Exemplo de cálculos básicos do orçamento forrageiro

Mês	Dias	Massa de Forragem kg.ha ⁻¹	Memória de Cálculo da Massa de Forragem	Taxa de Acúmulo kg.ha.dia ⁻¹	Taxa de Desaparecimento kg.ha.dia ⁻¹
Jan	31	4250		51	38
Fev	28	4653	$4250 + (51 - 38) * 31$	54	39
Mar	31	5073	$4653 + (54 - 39) * 28$	41	40
Abr	30	5104	$5073 + (41 - 40) * 31$	35	41
Mai	31	4924	$5104 + (35 - 41) * 30$	25	25
Jun	30	4924	$4924 + (25 - 25) * 31$	10	16,5
Jul	31	4729	$4924 + (10 - 17) * 30$	6	17
Ago	31	4388	$4729 + (6 - 17) * 31$	8	18
Set	30	4078	$4388 + (8 - 18) * 31$	20	34
Out	31	3658	$4078 + (20 - 34) * 30$	37	35
Nov	30	3720	$3658 + (37 - 35) * 31$	35	36
Dez	31	3690	$3720 + (35 - 36) * 30$	55	37
Jan		4248	$3690 + (55 - 37) * 31$		

Quando é realizado para o período de um ano o orçamento deve garantir que a massa de forragem no início do período corresponda aproximadamente à massa de forragem no final do período. Exemplificando, no mesmo mês do ano subsequente (na Tabela 1, os valores de massa de Jan são 4250 e 4248, respectivamente para o início do planejamento e para o ano posterior). Caso haja desigualdade entre os valores de massa de forragem nos anos subsequentes, recomenda-se alterar a taxa de lotação do sistema até que o equilíbrio seja atingido. O descumprimento dessa regra pode gerar problemas nos anos subsequentes, pois se estaria planejando consumir mais forragem do que se está produzindo.

A partir da dinâmica do estoque de forragem ao longo do ano (Tabela 1) é então possível identificar desbalanços sazonais, caracterizados por um estoque de forragem muito abaixo ou muito acima da meta estabelecida para uma determinada época do ano.

4. Quantificação do estoque inicial de forragem

O estoque inicial de forragem é o ponto de partida para as projeções da massa de forragem nos períodos subsequentes. Diversos métodos diretos e indiretos podem ser utilizados na quantificação da massa de forragem (Pedreira et al., 2005). No caso de lotação contínua com animais alocados em apenas uma gleba ou piquete, a quantificação da massa de forragem pode ser realizada diretamente multiplicando-se a massa média de forragem pela área de pastagem. Para pastagens subdivididas, como é o caso daquelas manejadas sob lotação rotacionada, ou para pastagens manejadas sob lotação contínua em diferentes glebas, o estoque de forragem deve ser calculado como o somatório do produto da massa média de forragem e da área de cada piquete (Barioni et al., 2005).

Em algumas situações, particularmente quando o início do período de planejamento não coincide com a data atual, pode-se utilizar uma estimativa de massa de forragem típica para a época de início do planejamento (como exemplo ver item 7 desse artigo, “Obtenção das taxas de lotação e produtividade dos animais a partir de um simulador”).

5. Quantificação da demanda por forragem

A redução da massa de forragem pelo pastejo é tecnicamente denominada “desaparecimento de forragem” e inclui ingestão de forragem pelo animal e “perdas por pastejo”. A demanda por forragem é função da dinâmica populacional do rebanho (i.e. do número de animais em cada categoria ao longo do tempo), do crescimento dos animais (peso ao longo do tempo) e da variação no estágio fisiológico em cada categoria.

A ingestão de forragem por um animal de determinada categoria, normalmente definida como ingestão de matéria seca (IMS), varia de acordo com seu peso, estágio fisiológico e com a qualidade do alimento fornecido. A qualidade do alimento é usualmente expressa em termos de nutrientes digestíveis totais (NDT).

O ganho de peso e a ingestão de forragem em situações nas quais não exista restrição de disponibilidade de forragem podem ser estimados por meio de sistemas de nutrição tais como o NRC (2000). O NRC possui um programa, desenvolvido para ambiente DOS, que pode ser baixado gratuitamente⁴. A Figura 3 apresenta a tela principal do *software* do sistema NRC. Sistemas nacionais como o RLM⁵; Invernada⁶ e Super Crac⁷ também possuem estimativas similares de ingestão com correções para genótipos (particularmente Nelore) e alimentos para as condições brasileiras, além de interfaces mais modernas.

⁴ Download disponível em <http://books.nap.edu/html/beefmodel/>

⁵ Informações disponíveis em <http://www.integrasoftware.com.br/>

⁶ Download disponível em <http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>

⁷ Informações disponíveis em http://www.agropecuaria.inf.br/td/Script/super_crac.php



Figura 3. Tela principal do sistema NRC.

Embora as estimativas desses modelos, ajustados para condições de alimentação no cocho sirvam como referência do potencial de ingestão dos animais, nem sempre esses níveis se estabelecem em pastagens, devido a restrições impostas pela disponibilidade de forragem (Minson, 1990).

No caso do NRC, o sistema incorpora uma equação para ajustar o efeito da massa de forragem baseada nos trabalhos de Rayburn (1992) e McCollum et al. (1992). Essas relações, entretanto, somente são válidas para alguns tipos de pastagem de clima temperado, não se aplicando às condições brasileiras. Assim, quando o usuário utilizar o sistema NRC deve-se evitar correções inadequadas de ingestão, informando massa de forragem acima de 1150 kg MS/ha e oferta de forragem acima de 4 vezes a estimativa de ingestão de matéria seca (Figura 4).

Figura 4. Correção de ingestão de matéria seca adotada no sistema NRC (NRC, 2000).

Qualquer um dos sistemas mencionados acima apresenta estimativa de ingestão de matéria seca e desempenho. Caso o desempenho esperado difira dos níveis observados, é possível corrigir as estimativas de ingestão por meio de um fator multiplicador (100% correspondendo à estimativa inalterada). Entretanto esse procedimento precisará ser realizado por tentativa.

Geralmente, o mais conveniente é estabelecer estimativas de ingestão de forragem dos animais a partir de metas de desempenho, que podem ser estabelecidas a partir do desempenho obtido pelos animais em anos anteriores, ou pelo obtido em fazendas ou experimentos com pastagens e condições de manejo similares.

Tabelas publicadas por Barioni et al. (2007) permitem estimar a ingestão dos animais a partir de seu desempenho e características da dieta utilizando o modelo NRC sem a necessidade de utilizar-se tentativa e erro. Um sistema em final da fase de desenvolvimento pela Embrapa Informática Agropecuária, o IMSD⁸, calcula a ingestão de matéria seca a partir do desempenho dos animais e expande as tabelas publicadas, permitindo também obter estimativas de ingestão de matéria seca de animais suplementados.

Depois de calculada a ingestão de matéria seca para todas as categorias do rebanho é necessário considerar a forragem perdida no processo de pastejo (Scarnecchia, 1988) para se estimar a demanda de forragem. No contexto da orçamentação forrageira, as “perdas de pastejo” representam a diferença entre a forragem produzida (acumulada) e a forragem consumida pelos animais. Dados de experimentos controlados publicados, compilados por Barioni et al. (2003) sugerem que entre 40 e 65 % da produção de forragem é perdida. Em condições normais de campo, espera-se que, em média as perdas sejam maiores. Pouco ainda se conhece sobre os fatores que influenciam as perdas de forragem e sua quantificação é a maior fonte de incerteza na estimativa da demanda de forragem. Para fins de planejamento, sugere-se que se considere 60% a 70 % de perdas, isto é, 30 a 40% de utilização da forragem.

A demanda bruta de forragem (DBF, $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) é calculada, de acordo com esse conceito, como a razão entre a demanda líquida (consumo necessário para atingir as metas de desempenho propostas) e a eficiência de pastejo (Equação 2).

Equação 2

Onde EP é a eficiência de pastejo, expressa em forma de porcentagem do acúmulo e DLF é a demanda líquida de forragem ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$). DLF é calculada somando-se o produto da ingestão

⁸ Será disponibilizado no website <http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>

diária de forragem estimada para cada categoria e número de animais na respectiva categoria e dividindo-se o valor obtido pela área de pastagem utilizada por esses animais (Equação 3).

Equação 3

Onde i é a ingestão diária de forragem de matéria da i -ésima categoria, N_i é o número de animais da i -ésima categoria e A é a área de pastagem sendo utilizada por esses animais.

Para obter-se taxa de lotação de uma unidade-animal ($1 \text{ UA}\cdot\text{ha}^{-1}$), com ingestão de matéria seca 8 kg de matéria seca por dia, seria necessário, portanto, ter-se uma taxa de acúmulo de aproximadamente 20 kg de matéria seca por hectare por dia, considerando 60% de perdas.

$\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$

Em termos de produção anual, uma UA ingeriria 2920 kg de MS ($8 \text{ kg MS} \times 365 \text{ dias}$) e demandaria a produção de aproximadamente 7300 kg MS de forragem. Para uma referência, pode-se considerar, para a maior parte dos sistemas comerciais, que é necessário produzir ao redor de 7,5 toneladas de matéria seca de forragem por ano para manter uma UA, na média do período. Esse valor só se aplica se o balanço entre produção e demanda for adequado ao longo do ano.

6. Quantificação das taxas de acúmulo

A principal limitação para execução de um orçamento forrageiro no Brasil é a falta de informações sobre a produtividade e a distribuição da produção ao longo do ano (Barioni et al., 2003). A grande diversidade de condições de produção no Brasil configuram um desafio no desenvolvimento de ferramentas de estimação do suprimento de forragem. Essa diversidade pode ser traduzida pela combinação do elevado número de espécies de plantas forrageiras e seus cultivares disponíveis no Brasil, com a grande extensão territorial do país, e a conseqüente variedade de climas e solos advinda dela e pela pluralidade de formas de manejo tanto de colheita da planta como de fertilidade do solo.

Essa amplitude de condições de produção, associada à crônica falta de direcionamento das pesquisas nacionais com plantas forrageiras para desenvolvimento desse tipo de ferramenta, levaram à existência dessa lacuna para nossos sistemas de produção.

Em artigo publicado no 22º simpósio de manejo da pastagem, Barioni et al. (2005), apresentaram uma forma de estimar a produção estacional da pastagem com base em dados climáticos e parâmetros da espécie forrageira (temperaturas base inferior e superior e resposta à temperatura), além de estimativa da produção potencial. Havia, entretanto, limitação para aplicação daquele

modelo devido à escassez de informações sobre os parâmetros do modelo para as forrageiras tropicais, dificuldades na implementação do modelo de balanço hídrico e no trabalho em obter dados locais confiáveis.

Desde lá, novos modelos foram desenvolvidos e seus parâmetros testados para forrageiras tropicais, como os de Soto (1981) para Colonião (*Panicum maximum*) e Pangola (*Paspalum atratum*); Medeiros et al. (2001) e Tonato (2003) para gramíneas do gênero *Cynodon*; Moreno (2004) para gramíneas do gênero *Panicum*; Detomini (2004) para *Brachiaria brizantha* cvs Marandú e Xaraés, e; por Rodrigues (2004), Lara (2007) para o gênero *Brachiaria* (*Urochloa*) e Tonato et al. (2010) para os gêneros *Brachiaria*, *Cynodon* e *Panicum*.

Programas de computador puderam, então, implementar modelos de forma a automatizar a estimativa das taxas mensais de acúmulo de forragem. O Embrapa Invernada é um exemplo de *software* que incorpora modelo para estimativa das taxas de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. O programa foi desenvolvido com base no trabalho de Tonato et al. (2010) para estimativa de produtividade potencial e de um fator de redução de produtividade a partir do déficit hídrico mensal, calculado por meio de um modelo de balanço hídrico. O Invernada também permite informar doses de adubo nitrogenado para cada mês do ano de forma a corrigir as estimativas para pastos adubados. Uma base de dados climáticos de mais de 3000 localidades distribuídas pelo Brasil e permite o cadastro de um grande número de estações meteorológicas, facilitando a geração de estimativas de taxa de acúmulo de forragem.

É importante notar que o acúmulo de forragem pode ser decomposto nos seguintes componentes (Barioni et al., 2005): (1) magnitude; (2) variação estacional; e (3) variação entre anos. Geralmente, somente a magnitude e variação estacional são considerados no balanço forrageiro. A variação entre anos constitui-se assim em uma fonte de risco de produção do sistema⁹. Os modelos existentes são capazes de estimar, com aceitável precisão, a variação sazonal das taxas de acúmulo de forragem. Entretanto, a magnitude de produção nem sempre é estimada precisamente. Isso se deve ao fato de que a magnitude de produção depende do tipo e fertilidade do solo, densidade populacional da pastagem, tipo de manejo, consorciação, relevo, entre outros, não considerados nos modelos disponíveis. Assim, apesar de os modelos facilitarem enormemente a estimativa das taxas de acúmulo de forragem, eles devem servir apenas como referência.

O Invernada permite que o usuário corrija a magnitude de produção estimada com um fator de ajuste, de forma similar àquela utilizada pelos *softwares* de nutrição para correção da ingestão de

⁹ O risco de produção pode ser considerado em um estudo de cenários calculando-se o balanço forrageiro para um ano de baixa produtividade ou condições sazonais desfavoráveis e para anos favoráveis. Outra forma de considerar o risco de produção é por meio de simulação estocástica.

alimentos. Essa correção, sempre que possível, deve basear-se em dados históricos locais. Taxas de lotação em anos anteriores e estimativas das taxas de acúmulo de forragem por meio de medições diretas da massa de forragem em piquetes não pastejados podem ser utilizados.

Para se estimar a taxa de acúmulo de forragem a partir da taxa de lotação pode-se utilizar a Equação 2 para o cálculo da demanda bruta de forragem. Quando acompanhado por dados de massa de forragem monitorados ao longo do tempo, é possível se avaliar as taxas de acúmulo (TAF) mês a mês (i correspondendo ao índice do mês) segundo a Equação 4. Demais símbolos conforme definidos para a Equação 1.

Equação 4

Quando não acompanhado por dados de monitoramento da massa de forragem, o valor obtido ainda pode ser usado como referência para as taxas médias de forragem produzido anualmente ou sazonalmente e é particularmente útil para corrigir a magnitude de produção geradas por modelos matemáticos.

7. Novas ferramentas

É possível realizar o orçamento forrageiro e o planejamento alimentar de uma propriedade sem o auxílio de um software específico para esse fim, usando apenas cálculos manuais ou em planilha, conforme foi apresentado por Barioni et al. (2005). Contudo, o nível de complexidade dos parâmetros e cálculos envolvidos, e o dinamismo necessário para a simulação de diferentes cenários (a grande vantagem da adoção da simulação no planejamento) torna desejável a adoção de um software específico para a análise da orçamentação forrageira.

Atualmente, várias ferramentas estão disponíveis para esse fim em outros países. Entre elas pode-se citar o FeedPlan ProTM, FeedFlo, Farmax[®], P-Plus Feedbudget, Pasture Management Software, e GrassGro (Tabela 2).

A Nova Zelândia possui uma considerável tradição no uso da orçamentação forrageira pelos produtores e extensionistas. Neste contexto, esse país tem um histórico no desenvolvimento de software para essa finalidade. O FeedPlan ProTM é um exemplo. Esse software foi desenvolvido para o planejamento de fazendas de gado de leite. No planejamento alimentar o sistema avalia opções de suplementação e a demanda de suplementos para as categorias definidas. Também, o sistema apóia o planejamento operacional do sistema, incluindo a

alocação de animais em diferentes piquetes com o uso de mapas das áreas de pastagem. Além disso, o sistema projeta o fluxo de caixa mensal da atividade.

Tabela 2. Informações sobre alguns *softwares* estrangeiros que incluem funcionalidade associada à orçamentação forrageira em pastagens.

Modelo	Rebanho	Nome da empresa	Site	País
FeedPlan Pro™	Gado de leite	ASL e DEXCEL	www.feedplan.co.nz	Nova Zelândia
FeedFlo	Gado de leite	ASL	www.feedflo.co.nz	Nova Zelândia
Farmax®	Gado de corte, leite e ovino	Farmax	www.farmax.co.nz	Nova Zelândia
P-Plus Feedbudget	Gado de corte, leite, ovino, caprino e veado	FARMWOKS	www.farmworkssystems.co.nz	Nova Zelândia
Pasture Coach Management Software	Gado de corte e leite	Graze Tech	www.grazetech.com.au	Austrália
GrassGro	Gado de corte e ovinos	Horizon Agriculture, CSIRO	www.hzn.com.au	Austrália

O software FeedFlo é outro programa que merece destaque, pois permite monitorar as áreas de pastagem em função das taxas de acúmulo medidas na fazenda (Figura 6). Em função da demanda dos animais e da disponibilidade de forragem o software apresenta qual o período de permanência dos animais na pastagem e qual o próximo piquete a ser pastejado, auxiliando também o planejamento operacional. O planejamento de rotação das áreas de pastagem dependente de informações incluídas no cenário, entre elas: i) tecnologias (irrigação, suplementação, etc) e ii) demanda pelas diversas categorias no sistema. Os recursos gráficos do programa são versáteis no sentido de rapidamente apresentar: i) o período para a rotação das áreas de pastejo (dias); ii) a disponibilidade de forragem (kg MS/ha) em todos os piquetes; iii) o déficit forrageiro que deve ser suprido com os suplementos e iv) o impacto da adubação e suplementação no sentido de minimizar o desbalanço nutricional dos animais.

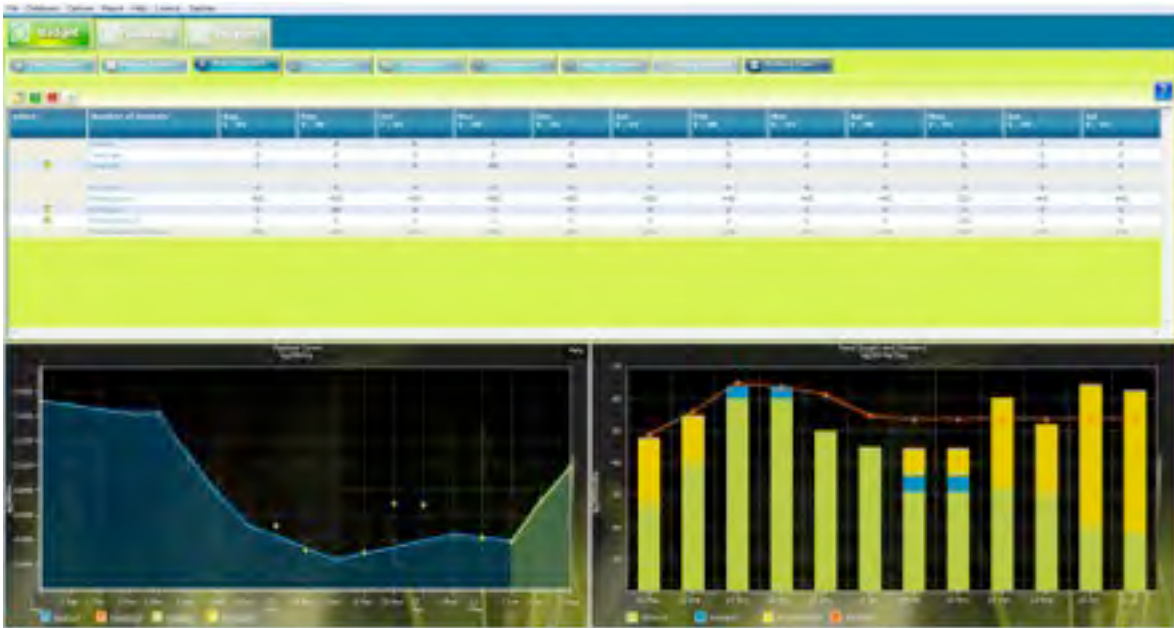


Figura 6. Módulo de estoque de animais apresentado pelo FeedFlo. O gráfico à esquerda representa a disponibilidade de forragem e à direita é apresentado a oferta de alimento em relação à demanda.

Outro software é o Farmax[®] atende as necessidades da fazenda de gado de leite, corte ou de ovinos. O pacote completo permite desenvolver e comparar cenários facilitando as tomadas de decisão na fazenda. A fazenda é caracterizada considerando as áreas de produção, os animais, as culturas e os suplementos. O sistema possui os módulos Planejamento, Monitoramento e Performance. No módulo Planejamento, o Farmax[®] disponibiliza ferramentas para avaliar a produção forrageira para o cálculo da orçamentação forrageira de forma prática e eficiente (Figura 7). No módulo Performance, a fazenda recebe anualmente índices produtivos e de eficiência de outras fazendas, permitindo criar metas para melhorar o sistema. O Farmax[®] também tem um importante recurso do ponto de vista tático, já que permite, frente a alguma frustração na produção forrageira, avaliar qual seria a decisão ótima, i.e. comprar feno, adubar as pastagens, vender animais isoladamente ou combinar tais tecnologias.



Figura 7. Tela geral da propriedade apresentado no Farmax®. O gráfico à esquerda representa a disponibilidade de forragem e à direita é apresentado a relação entre oferta de alimento e demanda.

Já o diferencial do software P-Plus Feedbudget está relacionado ao acoplamento de um módulo de mapeamento (tecnologia GPS – sistema de posicionamento global) às áreas de pastagem e à demanda de alimentos pelos animais. Este módulo permite determinar o tamanho ótimo das áreas de pastagem (cercas temporárias ou não) e a alocação dos animais nestas áreas (Figura 8). Como a disponibilidade de pastagem pode limitar o atendimento das exigências diárias dos animais o software estima a quantidade de suplementos a ser oferecido (concentrados ou volumosos).

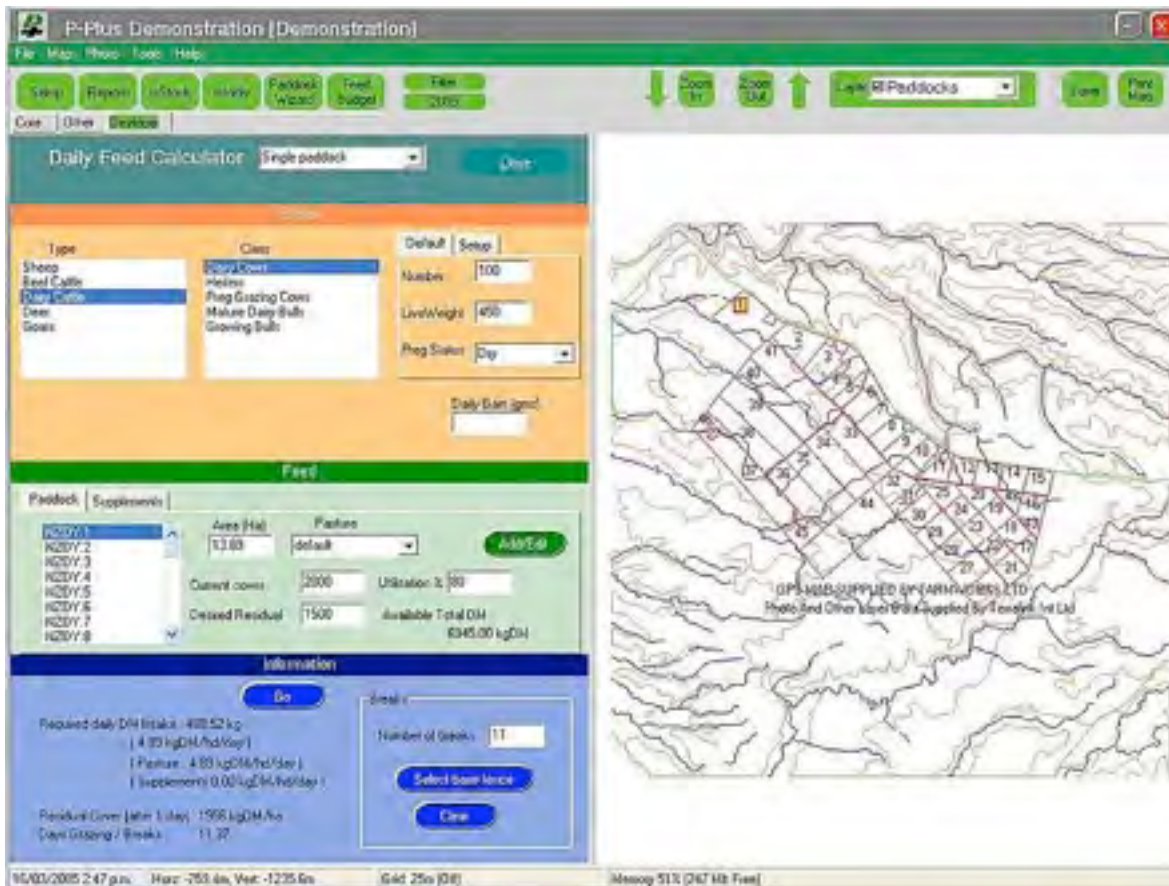


Figura 8. Demonstração do *software* P-Plus Feedbudget. No lado esquerdo são apresentados os dados dos animais, alimentos (relativos ao piquete ativo, nesse caso o nº 1) e informações gerais. Ao lado direito é apresentada a distribuição dos piquetes da fazenda.

Na Austrália o *software* Pasture Coach é utilizado em um nível operacional para caracterizar e monitorar as áreas de pastagem. Quanto ao planejamento decisões de manejo dos animais podem ser tomadas a partir da orçamentação forrageira para o período em análise. A simplicidade de inclusão dos dados no sistema é um dos destaques deste *software*, que também permite: i) avaliar graficamente a disponibilidade e a taxa de crescimento da pastagem; ii) calcular o período de pastejo, o tamanho do piquete ou o número de animais simultaneamente e iii) avaliar se há excedente de pastagem para ser conservado (Figura 9).

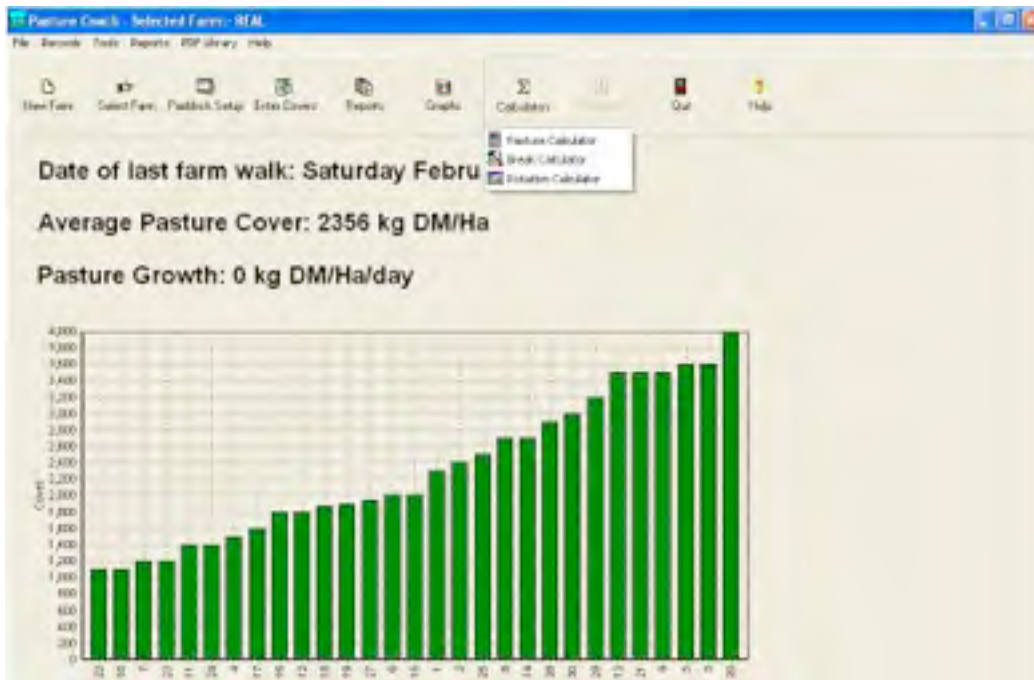


Figura 9. Demonstração da interface do *software* Pasture Coach Management.

O GrassGro é um software que incorpora modelos dinâmicos mais sofisticados. Ele foi idealizado pela agência de ciência da Austrália (CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) e tem o objetivo de ser uma ferramenta de suporte a decisão para fazendas de bovinos de corte e ovinos (DONNELLY et al., 1997). Dados climáticos diários são incluídos e interagem com processos do crescimento da pastagem e dos animais no passo de tempo de diário. O software auxilia o tomador de decisão a analisar estratégias que aumentem a lucratividade e reduzam o risco no sistema de produção por meio de cenários. Neste sistema o tomador de decisão testa várias opções de manejo frente às variações de clima, solo, pastagens, das espécies e categorias animais (cria e engorda), preços e custos. Um destaque deste software é o banco de dados climáticos diários (MetAcess) atualizável que permite facilmente a avaliação dos riscos do sistema (Figura 10).

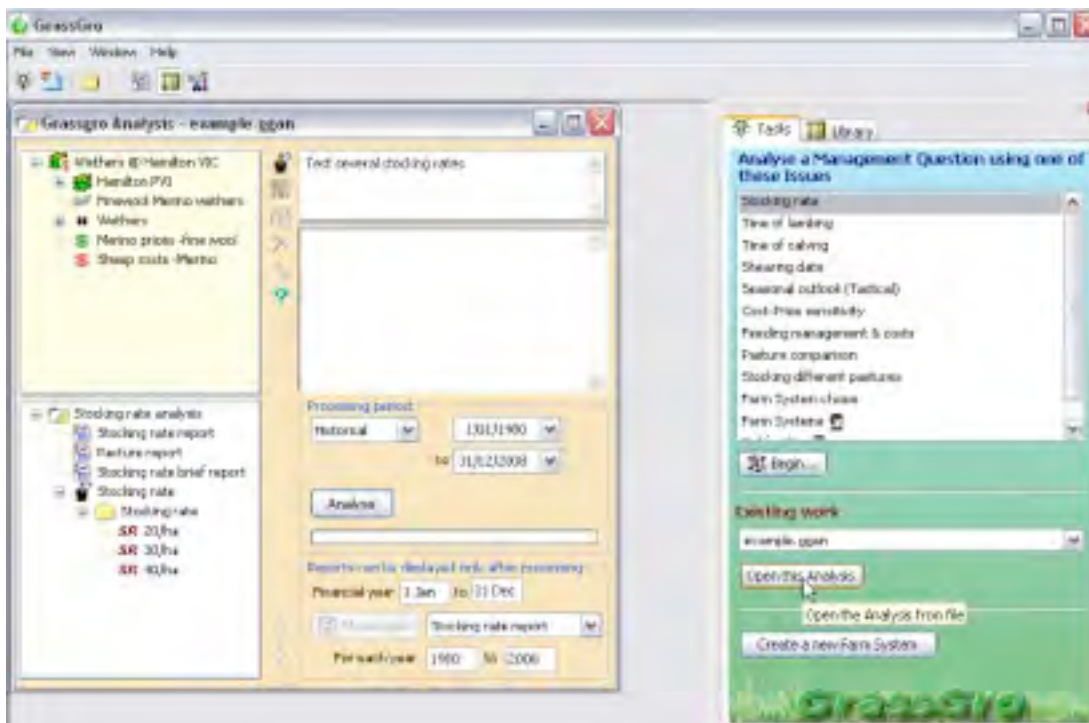


Figura 10. Demonstração da interface do *software* GrassGro.

Nessa breve revisão de alguns *softwares* desenvolvidos no exterior percebe-se que, infelizmente, não existem ainda no Brasil, *softwares* para orçamentação forrageira com o mesmo nível de desenvolvimento. Ferramentas estrangeiras mais sofisticadas como o GrassGro ainda não foram parametrizadas para as condições nacionais e não podem ser adotadas como estão.

8. Uso de simuladores

Na orçamentação forrageira tradicional assume-se que o desempenho dos animais não é afetado pela dinâmica da pastagem e vice-versa para uma estratégia definida (Bywater, 1990). Entretanto, é consensual que a condição da pastagem (representada na orçamentação como a massa de forragem) e a qualidade da pastagem afetam o desempenho dos animais. Quando o planejamento alimentar é auxiliado por simuladores de sistemas, as estimativas de taxas de acúmulo e de desaparecimento são obtidas dinamicamente, considerando interações entre o pasto e o animal (Woodward, 1998). Estimativas de desempenho da pastagem e dos animais obtidas por simuladores podem ser, então, mais realistas do que aquelas atribuídas sem considerar tais feedbacks (Bywater, 1990). Simuladores podem ser utilizados para realizar o planejamento alimentar (sem a necessidade de uma orçamentação tradicional) ou como ferramenta auxiliar na definição ou validação das taxas de acúmulo, ingestão de forragem e desempenho animal.

Um simulador que pode ser utilizado para as condições brasileiras é o Embrapa Invernada. O Invernada não foi desenvolvido para fazer o planejamento forrageiro de uma fazenda. Ele possui limitações no sentido de possibilitar a simulação de apenas um lote de animais em cada cenário e não ter uma forma prática de ajuste das taxas de lotação. Entretanto, o Invernada pode ser utilizado para gerar valores de referência para o desempenho de cada lote para uma estratégia definida. Essas estimativas podem ser utilizadas na orçamentação para definir ou para validar os valores planilhados para diferentes taxas de lotação. Um exemplo de valores planilhados obtidos variando-se a taxa de lotação no Invernada é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores obtidos variando-se o número de animais e a massa de forragem (para que a massa inicial fosse igual àquela após 365 dias de simulação). Dados climáticos de Campo Grande – MS, obtidos no próprio programa. Animais da raça nelore machos com peso inicial de 200kg.

Massa de Forragem			Taxa de Lotação		Ganho de PV diário (kg/dia)	
Mai	Set	Mar	cab/ha	UA/ha	médio	Ago
8900	6340	9180	0,6	0,36	0,4	0,4
7850	5400	8220	1	0,61	0,4	0,4
6950	4660	7330	1,4	0,85	0,4	0,36
5600	3530	6030	2	1,20	0,38	0,28
4450	2600	4880	2,6	1,53	0,36	0,18
3750	2090	4230	3	1,74	0,33	0,09
3180	1710	3710	3,4	1,93	0,3	0
2500	1330	3110	4	2,18	0,25	-0,13

Note que como o Invernada considera a interação entre pastagem e animal os níveis de equilíbrio para massa de forragem são diferentes para cada nível de taxa de lotação, bem como o consumo e o desempenho estimado dos animais.

9. Ferramentas para otimização

Modelos de otimização, baseados em programação linear ou programação linear inteira são ótimas ferramentas para desenvolver planos com base em orçamentos forrageiros (Balverde, 1997; Veloso et al., 2009; Oliveira et al., 2010). Esses modelos podem gerar estratégias economicamente otimizadas considerando taxas de lotação, quantidade de suplementos, uso de crédito e diversas outras variáveis de decisão. No trabalho de Oliveira et al. (2010), por exemplo, utilizou-se um modelo desse tipo para o planejamento da Coudelaria do Rincão, localizada em São Borja, no Rio Grande do Sul. O modelo tinha como objetivo a minimização do custo de alimentação de uma tropa pré-definida. Como resultado o modelo apresenta as quantidades de forragem de cada tipo de pasto

(nativo ou azevém) e concentrados (aveia ou concentrado comercial) a ser consumida por cada categoria de animais.

O modelo de Veloso et al. (2009) foi estabelecido para uma fazenda de criação de bovinos e tem como objetivo a maximização da receita líquida em um projeto plurianual considerando restrições de fluxo de caixa, crédito, massa de forragem e níveis nutricionais da dieta dos animais. Um modelo semelhante foi desenvolvido por Balverde (1997) incluindo riscos econômicos no modelo.

Outra forma de otimizar o planejamento alimentar é usar simuladores conjuntamente com algoritmos de otimização não-linear, como apresentado por Barioni et al. (1999).

Apesar dos modelos de otimização supracitados já terem sido desenvolvidos e serem muito úteis, infelizmente ainda não há ferramenta computacional que os incorpore para uso pelos produtores e extensionistas.

10. Considerações finais

A orçamentação forrageira se configura em um dos aspectos mais importantes no planejamento de um sistema de produção, principalmente em um país como o Brasil, em que as pastagens representam um papel tão relevante na alimentação do rebanho.

É inconcebível que uma atividade de tamanha importância econômica para o país, e que envolve tamanho aporte de capital, ainda seja executada sem planejamento e projeção do mais básico de seus insumos, os alimentos, assumindo desnecessariamente um risco tão grande de insucesso.

A orçamentação forrageira é uma técnica importante para assegurar que projetos agropecuários tenham sucesso. Além disso, o conhecimento relacionado à dinâmica de acúmulo e desaparecimento de forragem na pastagem sua aplicação pode ter outras aplicações além do planejamento e otimização dos sistemas de produção. Entre elas, a quantificação dos impactos ambientais provenientes das estratégias de produção adotadas, a determinação da mitigação de poluentes e seu possível uso na obtenção de créditos de carbono. Tal conhecimento serve como apoio a aplicações governamentais ou estruturais como zoneamento agro-ecológico, mudança de uso da terra e para determinação de taxas de juros para financiamento em função dos riscos de produção ou datas limite para disponibilização de empréstimos. Dessa forma há intenso trabalho de pesquisa no aprimoramento dessas estimativas o que deve beneficiar sobremaneira o produtor em um futuro próximo.

Nos últimos anos, novas ferramentas foram desenvolvidas e podem auxiliar extensionistas e pecuarista tornando a orçamentação mais fácil e precisa. Infelizmente não há *software* nacional

específico para orçamentação forrageira. Boas ferramentas já foram desenvolvidas no exterior, mas mais testes são necessários para validá-las para as condições brasileiras.

Para ambos os casos há várias oportunidades para desenvolvimento, particularmente com relação a algumas funcionalidades desejáveis como métodos de otimização dos sistemas e outros métodos computacionais.

11. Referências Bibliográficas

- Balverde, N. R. M. Avaliação econômica de sistemas intensivos na pecuária uruguaia em condições de risco: um estudo de caso. 1997. 83 p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- Barioni, L. Optimizing rotational grazing in sheep management systems. *Environment International*, Inglaterra, v. 25, n. 6-7, p. 819-825, 1999.
- Barioni, L. G.; Ramos, A. C. B.; Martha Júnior, G. B.; Ferreira, A. C. ; Silva, F. A. M.; Vilela L.; Veloso, R. F. Orçamentação forrageira e Ajustes em Taxas de Lotação. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 2005, Piracicaba. Simpósio sobre manejo da pastagem, 2005. v. 22. p. 217-245
- Barioni, L. G.; Ferreira, A. C.; Guimarães Júnior R, R.; Martha Júnior, G. B.; Ramos, A. K. B. Tabelas para estimativa de ingestão de matéria seca de bovinos de corte em crescimento em pastejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 142).
- Barioni, L. G.; Martha Júnior, G. B; Ramos, A. K. B.; Veloso, R. F.; Rodrigues, D. C.; Vilela, L. Planejamento e Gestão do uso de Recursos Forrageiros na Produção de Bovinos em Pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20; 2003. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105 – 153.
- Bywater, A. C. Exploitation of the system approach in technical design of agricultural enterprises. In: Jones, J.G.W.; Street, P.R. (Eds.). **Systems theory applied to agriculture and food chain**. London: Elsevier Applied Sciences, 1990.
- Detomini, E.R. Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* (variedades cultivadas marandu e xaraés). 2004. 112p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- Donnelly, J. R.; Moore, A. D.; Freer, M. GRAZPLAN: decision support systems for Australian grazing enterprises - I. Overview of the GRAZPLAN project and a description of the MetaAccess and LambAlive DSS. *Agricultural Systems*, v.54, p.57-76, 1997.

- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992.
- Lara, M.A.S. Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp, às variações estacionais de temperatura do ar e fotoperíodo. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- Mccollum, F. T.; Cravey, M. D.; Gunter, S.A.; Mieres, J. M.; Beck, P. B.; San Julian, R.; Horn, G. W. Forage availability affects wheat forage intake by stocker cattle. Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-136:312–318, 1992.
- Medeiros, H.R. de; Pedreira, C.G.S. ; Villa Nova, N.A.; Barioni, L.G.; Mello, A.C.L. Prediction of herbage accumulation of Cynodon Grasses by an empirical model based on temperature and daylength. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba . Proceedings... Piracicaba:FEALQ, 2001. p.263-265.
- Minson, D.J. Forage in Ruminant Nutrition. San Diego: Academic Press, 1990. 483 p.
- Moreno, L.S.B. Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 8. ed. Washington : National Academic Press, 2000. 248 p.
- Oliveira, J. E. G. de; Soares, J. B.; Barioni, L. G.; Leite, G. G.; Braga, A. C.; Menezes, M. E. Optimized feed planning for a grazing horse production systems. Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science, v. 39, p. 932-940, 2010.
- Pedreira, C. G. S.; Pedreira, B. C.; Tonato, F. Quantificação da massa e da produção de forragem em pastagem. In: Fundação de Estudos Agrários. (Org.). Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piracicaba: FEALQ, 2005, , p. 195-216.
- Rayburn, E.B. 1992. Modeling the effect of forage availability on the forage intake of grazing cattle. Paper presented at the American Society of Agronomy Northeastern Branch Meetings, University of Connecticut, Storrs, Conn., June 28–July 1, 1992.
- Rodrigues, D.C. Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas. 2004. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

- Rolim, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). Pastagens: Fundamentos da exploração racional. Piracicaba: Fealq, 1994. p. 533-566.
- Scarnecchia, D. L. Grazing, stocking, and production efficiencies in grazing research. *Journal of Range Management*, Denver, v. 41, n. 4, p. 279- 281, 1988.
- Silva, S. C.; Pedreira, C. G. S. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. Produção de bovinos a pasto: anais. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 97-121.
- Silva, S.C; Nascimento Júnior. D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.
- Soto, A.H. Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e pangola (*A-24 Digitaria pentzii* Stent) usando parâmetros climáticos. 1981. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.
- Tonato, F. Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp, em função de variáveis climáticas. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- Tonato, F.; Barioni, L.G.; Pedreira, C.G.S.; Dantas, O.D.; Malaquias, J.V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.5, p.522-529,2010.
- Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. London: Comstock Publishing Association, 1994. 476p.
- Veloso, R. F.; Barioni, L. G.; Zornig, P.; Moreira, J. M. M. A. P.; Malaquias, J. V.; Silva, O. D. D. da Modelo de planejamento forrageiro para engorda de bovinos a pasto no Bioma Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 41., 2009, Porto Seguro. Pesquisa operacional na gestão do conhecimento: livro de resumos/programa. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2009. p. 3236
- Woodward, S. J. R. Dynamical systems models and their applications to optimizing grazing management. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. (Ed.) *Agricultural Systems Modeling and Simulation*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1998.