

## Inovações tecnológicas no planejamento forrageiro

Felipe Tonato<sup>1</sup>, Luis Gustavo Barioni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM, email: [felipe.tonato@embrapa.br](mailto:felipe.tonato@embrapa.br).

<sup>2</sup>Pesquisador Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP, email: [barioni@cnpia.embrapa.br](mailto:barioni@cnpia.embrapa.br).

### 1. Introdução:

A agricultura e a pecuária brasileira, tem passado por grandes mudanças estruturais nas duas últimas décadas. Impulsionada pelas profundas mudanças conjunturais ocorridas no país após o estabelecimento econômico com o Plano Real, pelo aumento na demanda mundial por insumos em decorrência do grande crescimento das economias emergentes, e pela maior necessidade de alimentos em função do processo de inclusão social de um grande contingente de pessoas e do aumento das exportações, o Brasil alçou ao posto de um dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e energia.

A necessidade de aumento na produção, associada às restrições para conversão de novas áreas para a agricultura tem promovido um processo gradativo de intensificação e profissionalização dos sistemas produtivos, com grande reflexos na produtividade, rentabilidade e racionalidade no uso da terra. Apenas no transcorrer do Plano Real a ocupação das pastagens aumentou 40,2%, saltando de 0,89 para 1,25 cabeça por hectare, a produtividade aumentou 87,4%, saltando de 28,3 kg de carcaça por hectare para os atuais 53 kg de carcaça, fatores que combinados geraram um efeito "poupa terra" de 525 milhões de hectares (MARTHA Jr et al., 2012).

Esse processo de modernização da pecuária brasileira transcorreu com a geração e incorporação de mais tecnologia ao processo produtivo, como comprova o fato de os aumentos em produtividade observados no período de 1996 a 2006, serem decorrentes da melhoria no desempenho animal (78%) e na taxa de lotação das pastagens (42%), com diminuição na área de pastagens segundo MARTHA Jr et al. (2012).

Sob esse novo conceito de atividade agropecuária, fazendas se transformaram em empresas, e surgiram novas demandas por mecanismos de gestão das propriedades rurais visando a minimizar incertezas e riscos na tomada de decisões. Com isso, técnicas que possibilitam o planejamento das atividades no campo, tais

como o planejamento forrageiro, antes desprezadas, passaram a ter papel mais relevante no sucesso da atividade.

No entanto, em função do relativo curto período de tempo em que planejamento e gestão se tornaram itens fundamentais ao sucesso dos empreendimentos agropecuários, tais técnicas, como o planejamento forrageiro, e as tecnologias a ela associadas, ainda não tiveram tempo para atingir um nível elevado de desenvolvimento, o que tem limitado o seu uso.

De certa forma, em um passado recente, o planejamento forrageiro bem como o planejamento alimentar foram negligenciados nos sistemas de produção brasileiros. Tanto por aspectos econômicos, já que não se faziam necessários nos sistemas pouco intensivos, de caráter especulativo e extrativista, que por muito tempo perduraram na nossa pecuária. Fruto de uma economia fechada, protegida da concorrência externa, e de uma oferta grande de terras para a expansão contínua das fronteiras agrícolas (MARTHA Jr. et al., 2012). Como também por aspectos culturais, ligados à frustração de as estimativas geradas no planejamento não se reproduzirem de maneira exata nos sistemas reais. Bem como por fatores técnicos, já que a falta de necessidade dessas tecnologias por parte dos produtores, fez com que a pesquisa por décadas não dedicasse os esforços necessários ao seu desenvolvimento.

Nos últimos anos, algum esforço tem sido dedicado ao aperfeiçoamento de tais tecnologias em nosso País, e à conseqüente melhoria na execução do planejamento forrageiro nos sistemas pecuários no Brasil. Muito ainda pode ser melhorado e desenvolvido, principalmente se comparado à realidade estrangeira, mas em função das características únicas relacionadas aos nossos sistemas produtivos, como às espécies forrageiras, condições de clima, solo, entre outras, ainda existe um caminho longo a ser percorrido para o aperfeiçoamento de técnicas de planejamento forrageiro adequadas às condições brasileiras.

## **2. Importância do planejamento forrageiro:**

Nos sistemas de produção animal, o planejamento e as decisões ligadas à alimentação assumem papel fundamental. Dois aspectos se combinam para que a alimentação tenha papel tão relevante. Primeiro o fato de o consumo de alimento ser o principal fator determinante do desempenho animal, respondendo preponderantemente pelas variações de desempenho (VAN SOEST, 1994), o que afeta técnica e economicamente o sistema. Depois o fato de os alimentos se

configurarem no insumo de maior demanda, perfazendo grande parte dos custos, o que implica diretamente no sucesso econômico da atividade.

Assim sendo, a preocupação primordial em um sistema de produção animal deve ser garantir um adequado suprimento de alimento aos animais, ajustando o suprimento à demanda (SILVA e PEDREIRA, 1997).

No Brasil as pastagens assumem papel relevante no que tange a alimentação dos bovinos, pois são seu principal suprimento alimentar, compondo a maior parte da dieta do nosso rebanho (BÜRGI e PAGOTO, 2002). Fatores como baixo custo, grande aptidão produtiva e fácil cultivo, fazem que boa parte das áreas agricultáveis do Brasil sejam ocupadas por plantas forrageiras (SILVA e SBRISSIA, 2000).

Apesar da importância das pastagens para a pecuária nacional, parte da baixa produtividades registradas em nosso sistemas de produção decorre exatamente da opção pelo uso de sistemas pastoris. De forma geral, erros comumente cometidos pelos pecuaristas, como a adoção da espécie ou cultivar inapropriado de planta forrageira, a ineficiência em ajustar a relação entre a oferta e a demanda de alimentos em tempo hábil, e a dificuldade de realizar a correção e reposição da fertilidade do solo, têm levado a desajustes na alimentação do rebanho, que culminam com baixos níveis de desempenho produtivo dos animais e degradação de grande parte das áreas de pastagens (OLIVEIRA, 2007). Estimativas indicam que dos aproximadamente 172 milhões de hectares (IBGE, 2007), algo em torno de 60 milhões estão em processo de degradação (produzindo aquém de sua capacidade) e outros 50 milhões de hectares já estão degradados (improdutivos) (BARCELOS, 1996; DIAS-FILHO e ANDRADE, 2006; PAULINO e TEIXEIRA, 2009).

A grande maioria das pastagens degradadas resultam de situações de ocupação prolongada das áreas por número excessivo de animais. A demanda dos animais sendo mais elevada do que a capacidade produtiva das pastagens gera, consumo excessivo das plantas, o chamado superpastejo.

Apesar dos sistemas de produção animal em pastagens apresentem certo grau de flexibilidade no que se refere às metas de manejo do pasto (BARIONI et al., 2003) e tolerância a períodos de estresse climático, desajustes muito intensos ou por períodos muito prolongados entre o acúmulo de forragem, o suprimento, e a demanda de alimento, consumo e perda de forragem decorrentes do pastejo, levam ao comprometimento da capacidade produtiva da planta e por conseqüência do sistema como um todo, inviabilizando sua continuidade.

De maneira conjunta, a distribuição variável da produção das pastagens ao

longo do ano, a chamada estacionalidade de produção, gera épocas de excedente e de falta de alimento, dificultando ainda mais o ajuste entre oferta e demanda, o que a faz ser constantemente citada como um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade animal no Brasil (ROLIM, 1994) uma das características mais indesejadas pelos produtores em relação à planta forrageira (CORSI e MARTHA Jr., 1998).

As diferenças estacionais na produção e na qualidade da forragem são pontos chave nos sistemas de produção, pois o estabelecimento das taxas médias de lotação, épocas de compra e venda de animais, práticas de conservação e armazenamento de alimento e fornecimento da suplementação, entre outros, dependem do conhecimento e da quantificação da estacionalidade de produção de forragem (BARIONI, 2002).

Como forma de se esquivar desses problemas, a pecuária brasileira tem adotado sistemas extensivos de produção, usando a capacidade de tamponamento de sistemas pastoris de baixa lotação (BARIONI e MARTHA Jr., 2003) em que a baixa eficiência de colheita da forragem faz com que ela se acumule, e essa massa acumulada é suficiente para tamponar variações inesperadas na produtividade da pastagem, e eventuais efeitos negativos no desempenho animal. Essa opção, apesar do baixo risco, resulta em índices de produtividade e rentabilidade insatisfatórios e, nos últimos anos, na substituição da pecuária por outras atividades agrícolas conforme indicam os dados preliminares do último censo agropecuário segundo o qual a área de pastagens diminuiu 3% na última década enquanto a área de agricultura aumentou 83% (IBGE, 2007).

A menor rentabilidade da atividade decorrente não apenas da baixa produtividade, mas também da valorização da terra em relação ao boi, e do aumento dos custos de produção, combinada a uma nova conjuntura, na qual o desmatamento e abertura de novas áreas são cada vez mais difíceis, restringindo a expansão da fronteira agrícola, tem forçado a pecuária a se intensificar. Com isso a pecuária passa a ser inserida em um novo contexto, de taxas de lotação mais elevadas, onde a razão entre o estoque e a demanda de forragem são muito diminuídas, o que leva as alterações na taxa de crescimento da pastagem a se refletirem rapidamente na massa de forragem e no desempenho animal, diminuindo de maneira sensível a capacidade de tamponamento do sistema pastoril (BARIONI e MARTHA Jr., 2003).

Nessa nova realidade, a adoção de tecnologias como o planejamento forrageiro, que possibilitem estimar a magnitude da produção, e a sua distribuição ao longo do ano, identificando possíveis momentos de deficiência ou sobra de alimentos, passa a

ser um grande diferencial para o sucesso ou fracasso da atividade agropecuária.

### **3. Conceitos sobre planejamento forrageiro:**

O planejamento forrageiro nada mais é do que o processo técnico de decisão de qual ou quais espécies forrageiras serão utilizadas em um sistema de produção, em que período do ano, através de qual forma de utilização (pastejo, fornecimento no cocho ou conservação) e com que grau de intensificação (nível de adubação e reposição hídrica ou não, etc...), de forma a se suprir a demanda quantitativa e qualitativa de alimento do rebanho.

A demanda por alimentos é determinada pela combinação do número de indivíduos que se pretende alimentar em cada categoria (animais em engorda, reprodução ou amamentação por exemplo), suas idades, sexo, peso vivo atual e expectativas de ganho de peso e crescimento do rebanho. A oferta é determinada primeiramente pela capacidade de produzir alimentos no sistema, em quantidade e qualidade, fatores que variam de acordo com a competência agrônômica do produtor em realizar os devidos tratamentos culturais e as características intrínsecas à propriedade, como solo o clima e o clima da região, e depois pela capacidade de armazenar e transferir os excedentes de uma época para outra.

Nesse processo de ajuste de oferta e demanda, existem vários obstáculos como o fato de em sistemas pastoris, a inter-relação direta entre o animal e a sua fonte de alimento básico, a forragem, tornarem os ajustes mais complexos para se atingir o desejado equilíbrio (HODGSON, 1990), assim como o fato de tanto o suprimento como a demanda serem dinâmicos, variando ao longo do tempo de forma assíncrona. Normalmente a demanda é crescente, particularmente em sistemas de recria e engorda, em decorrência do crescimento dos animais, enquanto que o suprimento tende a diminuir a partir do outono, fruto dos padrões climáticos de oferta de fatores de crescimento predominante no Brasil Central.

Outra característica relacionada à produção de alimento é a necessidade de um intervalo de tempo relativamente longo entre a implantação da cultura e sua colheita, obrigando que o alimento requerido no presente, tenha sua produção iniciada muito antes de sua necessidade. É dentro desse contexto que o planejamento alimentar se torna importante, pois planejar pode ser definido como estabelecer uma sequência de ações e o momento em que elas serão executadas, de forma a se atingir um estado desejado no futuro (PARKER, 1993). Assim sendo, planejamento alimentar nada mais

é do que identificar alternativas de alimentos, sua forma de produção e fornecimento aos animais, de forma previa à sua necessidade.

O planejamento alimentar, em termos conceituais, engloba uma grande gama de fatores relevantes 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, já que são processos complementares (BARIONI; TONATO; ALBERTINI, 2011).

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

Apesar de ter o mesmo objetivo primordial, o planejamento forrageiro trata apenas da demanda de alimentos volumosos, considerando o uso de concentrado apenas para o cálculo da demanda de forragem, sendo, portanto, apenas parte do planejamento alimentar. Seu principal intuito é fornecer estimativas da quantidade de forragem produzida em cada área ou piquete da propriedade e as metas para taxa de lotação, produtividade animal e quantidade demandada de forragem (BARIONI et al., 2006).

O orçamento alimentar e o forrageiro são ferramentas utilizadas para o planejamento alimentar e forrageiro e se restringem 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 a determinar desvios em relação ao desempenho planejado. O planejamento inclui além da contabilidade fornecida pela orçamentação diversas outras questões, tais como: quais espécies serão adotadas, qual será a sua estratégia de uso, que tipo de manejo será empregado, entre outros.

É de fundamental importância que se entenda que o planejamento forrageiro e por consequência a orçamentação forrageira embutida nele, são estimativas geradas com base em um cenário (BARIONI; TONATO; ALBERTINI, 2011), e que por tanto, não traduzem fielmente a realidade, já que fatores como as condições climáticas e expectativas de desempenho do rebanho, por exemplo, variam nas condições reais,

gerando desvios entre o estimado e o obtido. Assim sendo, o planejamento forrageiro 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.

#### **4. Inovações tecnológicas no planejamento forrageiro:**

Definido em sua essência, a orçamentação forrageira nada mais é que uma operação contábil, na qual se pretende quantificar o acúmulo de massa de uma ou mais espécies forrageiras em uma dada área, e seu consumo por um determinado rebanho, ao longo de um período específico de tempo, gerando um balanço entre os dois processos. A definição de quais espécies e estratégias de utilização, com base nessas operações contábeis é que constituem o planejamento forrageiro. Em função disso, o planejamento forrageiro pode, em última análise, ser realizado através de diferentes ferramentas que possibilitem a execução das diversas operações aritméticas envolvidas.

Assim sendo, pode-se usar métodos simples como o cálculo manual, empregando apenas papel, caneta e calculadora, ou métodos mais sofisticados com o emprego de ferramentas computacionais como planilhas eletrônicas ou softwares específicos para esse fim.

O conceito básico envolvido na execução do planejamento forrageiro é praticamente o mesmo, independentemente da ferramenta empregada, tendo sido já bem descritos em publicações como as de BARIONI et al. (2003), BARIONI et al. (2005), BARIONI et al. (2006) e BARIONI,; TONATO; ALBERTINI (2011).

A grande vantagem no uso de ferramentas mais modernas como planilhas e principalmente os softwares específicos para essa função, reside principalmente no fato de o nível de complexidade dos parâmetros e cálculos envolvidos ser grande, dificultando a execução manual, e o dinamismo necessário para a simulação de diferentes cenários (a grande vantagem da adoção da simulação no planejamento), sendo assim, muito mais prático o uso de ferramentas computacionais, que permitem a elaboração e a comparação de um grande número de cenários.

Os sistemas pecuários são caracteristicamente sistemas de grandes dimensões, com elevado número de fatores de baixo nível de controle envolvidos no processo produtivo, tornando mais difícil o processo decisório. O restrito nível de controle nesses sistemas diminui o nível de confiança nas decisões, tornando a

capacidade humana de tomar decisões de forma independente (sem ajuda externa) questionável, e a utilização de ferramentas de suporte à tomada de decisão recomendadas. Ferramentas desse tipo, permitem que grupos de técnicas de planejamento e gestão sejam aplicadas, de forma a racionalizar a tomada de decisão reduzindo os riscos envolvidos, e agilizar o processo (VELOSO; BARIONI; MARTHA JR., 2003).

Os sistemas de apoio a tomada de decisão são ferramentas que visam exatamente ajudar a diagnosticar o problema, encontrar seus pontos críticos, e estimar os resultados de diferentes decisões, possibilitando a identificação da melhor alternativa (TURBAN, 1993).

Atualmente, tecnologias ligadas à informática como banco de dados, modelos matemáticos, sistemas especialistas e inteligência artificial são empregadas no desenvolvimento de ferramentas de apoio à tomada de decisão em agropecuária, melhorando e facilitando o manejo nos sistemas de produção (DONNELLY et al., 2002; CROS et al., 2004; SORENSEN et al., 2010).

Ao se observar o que tem ocorrido em outros países com pecuária considerada desenvolvida, e principalmente, com um enfoque muito profissional de gestão do negócio agropecuário, o que percebe é o emprego em larga escala e crescente de softwares de planejamento forrageiro.

Austrália e Nova Zelândia podem ser considerados exemplos para o Brasil sob esse aspecto, já que também baseiam seus sistemas de produção no uso de pastagens como alimento para o rebanho. Nesses países existe uma considerável tradição no uso do planejamento e orçamentação forrageiros pelos produtores e extensionistas, e com isso, tem um histórico no desenvolvimento e aperfeiçoamento de software para essa finalidade (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplo de alguns softwares estrangeiros que incluem funcionalidade associada à orçamentação e planejamento forrageiros.

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

Fonte: Adaptado de (BARIONI; TONATO; ALBERTINI, 2011).

No Brasil, uso de ferramentas computacionais na gestão ou planejamento em pecuária pode ser considerado muito variável em função do perfil do sistema de produção, assim como o apresentado por BARIONI et al. (2012). Segundo esses autores o uso de ferramentas computacionais para apoio à tomada de decisões é muito comum em sistemas intensivos com animais confinados, mais ainda é raro para não dizer inexistente em sistemas com base pastoril.

Essa dicotomia entre sistemas de produção com diferentes perfis, se deve à maior facilidade na adaptação de modelos ligados à nutrição e crescimento animal desenvolvidos no exterior às condições brasileiras, quando comparados aos desenvolvidos no exterior para estimar o crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, o que fez com que os modelos de nutrição animal tivessem um desenvolvimento mais rápido em nosso país, e com isso uma adoção mais ampla.

Até os anos de 1990 a adoção e o desenvolvimento de modelos de determinação de exigências nutricionais e otimização de dietas também eram

negligíveis no Brasil (BARIONI et al., 2012), pelas mesmas razões já elencadas para a não utilização do planejamento forrageiro. Sendo naquele momento, todas as ferramentas de apoio à tomada de decisão disponíveis, desenvolvidas no exterior.

O estímulo advindo da abertura e estabilização da economia com o Plano Real, mudou a conjuntura produtiva e fez necessário o desenvolvimento dessas ferramentas no Brasil. Com isso, a partir de meados da década de noventa, softwares de balanceamento de dietas e estimação da performance animal passaram a ser desenvolvidos aqui, com base na adaptação dos modelos estrangeiros a nossa realidade, a chamada "tropicalização".

Em função da maior facilidade de ajuste das diferenças existentes entre as condições de produção confinada no exterior e aqui, à maior quantidade e qualidade das informações geradas pela pesquisa e ao maior controle nas condições de confinamento, a tropicalização dos modelos de nutrição animal transcorreu facilmente, e em pouco mais de uma década já existiam boas ferramentas de apoio à tomada de decisão disponíveis no mercado brasileiro.

Por outro lado, o desenvolvimento de modelos para as nossas condições de produção sob pastejo foi, e ainda é lento. A necessidade de grandes alterações na estrutura dos modelos e de geração de novos parâmetros para a adaptação dos modelos desenvolvidos em condições de clima temperado para as condições tropicais de produção, tem sido os grandes limitadores desse processo. As diferenças em relação às espécies forrageiras, clima, solo e sistemas de produção tornam o processo de adequação muito mais desafiador do que para os modelos de nutrição animal.

Além disso, os resultados de pesquisa brasileiros referentes a aspectos como o consumo de forragem, e a seleção da dieta pelos animais, por exemplo, parecem mais distantes de possibilitar o desenvolvimento de modelos, já que não existe um modelo que sirva de base de referência para ajudar no estabelecimento e padronização dos procedimentos experimentais (BARIONI et al., 2012).

Apesar de todas essas dificuldades, em anos recentes, alguns esforços tem sido realizados no desenvolvimento de modelos estimadores de acúmulo de forragem em pastagens e na adaptação de modelos de estimativa de consumo e seletividade em pastejo, consagrados em outros países às condições do tropicais. Tais esforços permitiram o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão lançada pela EMBRAPA em 2011, o software Invernada (BARIONI et al., 2011).

## 5. Desenvolvimento de modelos para uso em planejamento forrageiro no Brasil:

Em todo o mundo, uma série de modelos foi desenvolvida com o intuito de estimar o acúmulo de forragem. Alguns desses modelos, adotaram uma abordagem simples, contemplando uma única espécie e uma única condição ambiental, como os propostos por OVERMAN et al. (1988) para Coastal (*Cynodon dactylon*), BURTON et al. (1988) para Tifton 85 (*Cynodon spp.*), DURU et al. (2002) para Capim dos pomares (*Dactylis glomerata*) KINIRY et al. (2007) para Coastal e Pensacola (*Paspalum notatum*). Outros são mais generalistas, com pacotes mais completos como o TAMU (SMITH, 1979), GROWIT (SMITH e LOEWER, 1981), GRAZE (LOEWER et al., 1998) CROPGRO (RYMPH et al., 2004) nos EUA, STOCKPOL (MARSHALL et al., 1991) na Nova Zelândia e GRAZPLAN (MOORE et al., 1997) e GRAZFEED (FREER et al., 1997) na Austrália. Todas essas ferramentas, bem outras não listadas aqui, apesar de funcionarem bem em suas respectivas realidades, apresentam limitações para a sua aplicação nas condições brasileiras. Ou por abordarem uma espécie e/ou condição ambiental particular, como no caso dos primeiros apresentados, que não se aplica às nossas condições de uso, ou por, apesar de serem mais genéricos em relação às espécies contempladas, terem sido desenvolvidos e parametrizados em condições ambientais e de produção muito diferentes das do Brasil, como no caso dos demais.

Em nosso país, apesar do número de modelos ainda poder ser considerado pequeno, existem algumas iniciativas que tentam minimizar essa lacuna. A primeira delas é ainda da década de 80, em que SOTO (1981) ajustou modelos de soma térmica para Colômbia (*Panicum maximum*) e Pangola (*Paspalum atratum*), mas após isso, por aproximadamente duas décadas nada foi feito no que tange a modelagem de forrageiras. Apenas no final dos anos 90 que novos esforços foram realizados, tentando gerar um conjunto confiável de informação para as principais espécies forrageiras cultivadas no Brasil. Entre as principais contribuições geradas a partir daí estão o modelo de VILLA NOVA et al. (1999) para estimar o crescimento de capim elefante, o de MORENO et al. (2000) para grama estrela, o de MEDEIROS et al. (2001) ou TONATO (2003) para plantas do gênero *Cynodon*, MORENO (2004) com plantas do gênero *Panicum*, DETOMINI (2004) com Marandu e Xaraés (*Brachiaria brizantha*), RODRIGUES (2004), LARA (2007, 2011) e CRUZ et al. (2011) com plantas do gênero *Brachiaria*. Mas todos esses esforços, apesar de representarem algum avanço, também são pontuais, contemplando plantas de um único gênero e por

um intervalo de tempo restrito o que limita suas aplicações em ferramentas de uso mais amplo como sistemas para apoio à tomada de decisão que contemplem o planejamento forrageiro.

Em função dessas limitações, mais recentemente, novas linhas de trabalho visando possibilitar o uso e o desenvolvimento de modelos que pudessem ser incorporados à ferramentas para apoio à tomada de decisão em sistemas pastoris, começaram a ser desenvolvidas no Brasil.

Um desses esforços foi iniciado com o trabalho de TONATO et al. (2010) que compilou os dados de boa parte dos experimentos acima citados e desenvolveu um banco de dados de crescimento das principais espécies forrageiras tropicais usadas no Brasil, parametrizando a partir desse banco de dados modelos para estimar a produtividade potencial de algumas das principais espécies de gramíneas forrageiras em uso na pecuária brasileira em nossas condições.

Os resultados obtidos até o momento, apesar de modestos, são animadores, já que os modelos geram estimativas confiáveis dos padrões sazonais das taxas de acumulação de forragem para o Brasil Central. Mas como os modelos em seu estágio atual não conseguem contemplar fatores como fertilidade do solo e métodos de manejo da pastagem, por exemplo, a magnitude da produção tem que ser ajustada individualmente para cada sistemas de produção (BARIONI et al., 2011).

Outro problema ainda existente, é que apesar de o banco de dados usado na parametrização dos modelos poder ser considerado o maior disponível no país sobre crescimento de gramíneas forrageiras tropicais, ele ainda é muito restrito em seus mais diversos aspectos, como espécies e cultivares contemplados, condições de uso e localização geográfica em que os dados foram gerados, tornando os modelos gerados de uso ainda um tanto quanto restrito.

Apesar dessas limitações, em função da forma como o banco de dados foi sistematizado, permitindo a agregação de novos dados a qualquer momento com a conseqüente melhoria na robustez dos modelos, em um processo de contínua evolução, os modelos foram implementados em ao Embrapa Invernada, que esta sendo desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária e esta disponível ao público desde 2011.

Outra iniciativa é a realizada por PEDREIRA et al. (2011) e LARA et al. (2012) que vem trabalhando na adaptação de um modelo desenvolvido nos EUA para estimar o crescimento das principais espécies forrageiras usadas no Brasil.

O modelo em questão chamado CROPGRO foi inicialmente desenvolvido para estimar o crescimento de culturas agrícolas como soja, feijão e sorgo, mas mesmo nos EUA a alguns anos vem sendo adaptado para estimar o crescimento de gramíneas forrageiras (RYMPH et al., 2004).

Apesar de ser um modelo já bem desenvolvido e que vem apresentando bons resultados com culturas agrícolas (MEIRELES et al, 2002), a sua adaptação às gramíneas forrageiras ainda é um processo em curso. Os resultados até o momento obtidos são positivos, principalmente para *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, mas melhores ajustes e um maior banco de dados ainda se fazem necessários para que seu uso possa ser generalizado.

## 6. O software Invernada:

O desenvolvimento do Invernada teve por objetivo gerar uma ferramenta de apoio à tomada de decisão computadorizada que possibilitasse auxiliar produtores e consultores no planejamento de sistemas de produção de bovinos de corte nas condições brasileiras.

A maior barreira de conhecimento para o seu desenvolvimento foram a modelagem do acúmulo de forragem e a seletividade no pastejo para gramíneas de clima tropical (BARIONI et al., 2012)

Em função da limitação de dados disponíveis e organizados sobre os diversos processos fisiológicos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das gramíneas usadas na alimentação animal no Brasil, optou-se por adotar uma abordagem empiricista no desenvolvimento do modelo que estima a produtividade de forragem com base em variáveis climáticas no Invernada.

Outra limitação no desenvolvimento do modelo, também decorrente de restrições de dados, se deveu à baixa disponibilidade de informações corretamente geradas e organizadas a respeito de restrições nutricionais, climáticas, pragas, doenças e outros fatores restritivos à produção, impossibilitando o desenvolvimento de modelos sensíveis a tais fatores, e forçando o desenvolvimento de modelos de produção potencial, que só estimam a produção das plantas na ausência de fatores restritivos, já que os conjuntos de dados empregados foram originalmente gerados com esse objetivo.

Para a geração dos modelos foram usados cinco conjuntos de dados de experimentos com os principais cultivares das espécies de gramíneas forrageiras mais

difundidas no país. Os experimentos de TONATO (2003), avaliando a produção de plantas do gênero *Cynodon* (Estrela, Florico, Florona, Coastcross e Tifton 85) em Piracicaba - SP por um período de dois anos, entre 2001 e 2003. De RODRIGUES (2004), avaliando a produção do gênero *Brachiaria*, cultivares Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã, em Planaltina - DF, pelo período de um ano. De MORENO (2004), avaliando gramíneas do gênero *Panicum*, Atlas, Massai, Mombaça, Tanzânia e Tobiata, em Piracicaba - SP, pelo período de um ano. Um segundo conjunto de dados do gênero *Brachiaria*, de LARA (2007) com os cultivares Basilisk, Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã, em Piracicaba-SP, por um ano. Todos irrigados e com reposição de nutrientes. E um conjunto de dados gerado por PEDREIRA (2006) com capim Xaraés não irrigado, manejado por pastejo em Piracicaba - SP, por dois períodos de cinco meses em dois anos diferentes.

Avaliou-se modelos gerados com base na combinação dos dados de taxa de acúmulo de massa em cada crescimento das diferentes espécie, com variáveis meteorológicas, como temperaturas média ( $T_{méd}$ ), máxima ( $T_{máx}$ ) e mínima ( $T_{mín}$ ), radiação global incidente (Rad), além de variáveis não meteorológicas, como dias do ano (DA), para cada período de crescimento. Chegando à conclusão de que a  $T_{mín}$  apresentou a melhor capacidade estimadora, e de forma mais robusta. Em razão da maior representatividade da  $T_{mín}$  nos modelos e da alta correlação existente entre as diversas variáveis meteorológicas, optou-se por desenvolver modelos simples, cuja variável independente fosse a  $T_{mín}$  (Tabela 2).

Os modelos obtidos podem ser considerados eficientes para estimar o acúmulo potencial de forragem com base na temperatura mínima, mas com capacidade estimadora diferente para cada cultivar, em decorrência das características do conjunto de dados usado no seu desenvolvimento. Além disso, a pequena abrangência geográfica dos conjuntos de dados analisados e a ausência de informações sobre fertilidade do solo, adubações e deficit hídrico, para as cultivares modeladas, limitam a aplicação prática dos modelos em larga escala.

Apesar de ainda apresentarem limitações, os modelo hoje disponíveis para estimação da produtividade potencial de gramíneas forrageiras no Brasil incorporados ao Invernada, podem ser considerados o que há de melhor e mais atual nessa área de conhecimento em nosso país.

Tabela 2. Modelos de estimativa de taxa média de acúmulo (TMA) em função da temperatura mínima (T<sub>min</sub>) para os agrupamentos de cultivares conforme Tonato et al.(2010), atualmente em uso pelo software Invernada.

Gênero	Grupo	Equação
Brachiaria	Marandu, Basilisk e Arapoty	$TMA = -94,92 + 8,19T_{min}$
	Capiporã e Xaraés	$TMA = -128,07 + 10,66T_{min}$
Cynodon	Tifton 85 e Estrela	$TMA = -84,69 + 9,06T_{min}$
	Coastcross, Florico e Florona	$TMA = -67,01 + 7,97T_{min}$
Panicum	Atlas e Mombaça	$TMA = -55,22 + 6,36T_{min}$
	Tanzânia e Tobiã	$TMA = -29,15 + 5,93T_{min}$

Com o intuito de amenizar alguns desses pontos fracos, foi acoplado um modelo de balanço hídrico no solo aos modelos de produção potencial no Invernada (BARIONI et al., 2012) melhorando as estimativas em relação à ocorrência de déficit de água comum em boa parte de nosso país em determinadas épocas do ano (Figura 1).

Como o Invernada visa fazer mais do que apenas estimar o acúmulo de forragem, outros modelos existentes na literatura como o baseado em conceitos de WOODWARD et al. (1997 e 2001) e FREER et al. (1997), para simular o pastejo e seus efeitos no animal e na planta forrageira, foram incorporados e calibrados com avaliações pré e pós-pastejo de massa de forragem e composição de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (GIMENES, 2010).

O modelo de crescimento animal da Universidade da Califórnia (OLTJEN et al., 1986) foi adotado para a previsão do crescimento e da composição corpórea dos animais, com parâmetros estimados também para Nelore (SAINZ et al., 2004), e o modelo NRC para determinar as necessidades energéticas e nutricionais também foi incorporado, permitindo que não apenas o planejamento forrageiro, mas também o planejamento alimentar seja realizado pelo software.

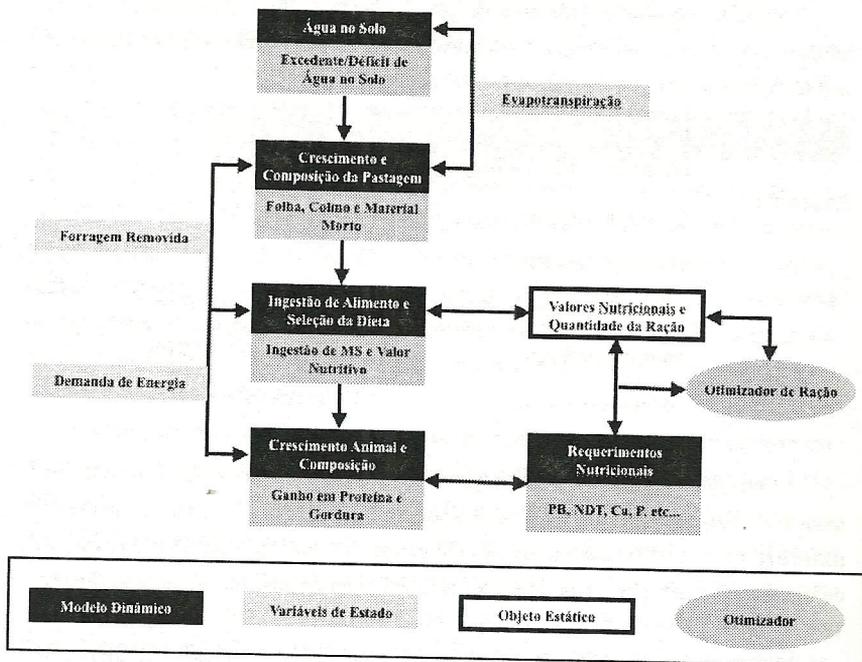


Figura 1: Visão geral da estrutura do software de apoio à tomada de decisão Invernada.

### 7. Considerações finais:

Parece pouco plausível que uma atividade de tamanha importância econômica para o país, envolvendo tamanho montante de capital, e que gera a quantidade de empregos como a pecuária faz, ainda seja executada sem planejamento e projeção da dinâmica do mais básico de seus insumos, as pastagens, incorporando assim, desnecessariamente, riscos tão grandes de insucesso.

O planejamento forrageiro é uma técnica importante para assegurar que projetos agropecuários tenham sucesso. Não apenas sob o aspecto técnico e econômico, mas também na minimização dos impactos ambientais provenientes das estratégias de produção adotadas.

Além das vantagens para o produtor, os resultados obtidos com um bom planejamento forrageiro servem 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, indicando que o governo pode se tornar um importante usuário de tais aplicações.

Em função disso, se faz necessário que o trabalho de pesquisa e aprimoramento das tecnologias envolvidas na realização do planejamento forrageiro seja intensificado, possibilitando gerar em um curto espaço de tempo benefícios ao produtor, a toda cadeia produtiva e ao país.

O grande interesse apresentado por produtores e extensionistas brasileiros pelo Invernada após o seu recente lançamento, demonstram que o setor tem carência por ferramentas desse tipo e, apesar das dificuldades tende a incorporar tecnologia ao processo produtivo.

Tecnologias como modelagem matemática, simulação e otimização por computador, antes distantes da pecuária, já passam a fazer parte de sua realidade, através das ferramentas hoje disponíveis. Novas tecnologias como sensoriamento remoto e monitoramento em tempo real além de outras ainda em início de desenvolvimento, podem em um futuro próximo, ajudar ainda mais no aperfeiçoamento de tais ferramentas, melhorando o planejamento forrageiro.

## 8. Referências Bibliográficas:

BARCELLOS, A.O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: PEREIRA, R. C. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina. EMBRAPA – CPAC, 1996. p.130-136.

BARIONI, L.G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte.** 2002. 100p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BARIONI, L.G.; FERREIRA, A.C.; RAMOS, A. K.B.; MARTHA JUNIOR, G.B.; SILVA, F. A.M.; LUCENA, D.A.C. Planejamento alimentar e ajustes de taxa de lotação em fazendas de pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2006. Brasília. **Anais...** Brasília: UPIS, 2006. p.1-31.

BARIONI, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. **Método para Estimar o Tamponamento Nutricional para Vacas de Corte em Sistemas Pastorais.** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2003. 4p. (EMBRAPA Cerrados. Comunicado Técnico, 100).

BARIONI, L.G.; MARTHA JUNIOR, 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. **Anais...FEALQ**, 2003. p.105-153.

BARIONI, L.G.; RAMOS, A.K.B.; MARTHA JUNIOR, 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, 22, 2005. Piracicaba. **Anais... FEALQ**, 2005. p. 217-245.

BARIONI, L.G.; ALBERTINI, T.Z.; TONATO, F.; MEDEIROS, S.R.; SILVA, R.S.O. Running head: Computer models for beef systems. Using computer models to assist

planning beef production: experiences in Brazil. **Revista Argentina de Producción Animal**. v.32, p.77-86. 2012.

BARIONI, L.G. et al. **Embrapa Invernada version 1.0**. 2011. Acessada em 04 de Janeiro, 2013. <http://www.invernada.cnptia.embrapa.br>.

BÜRGI, R.; PAGOTTO, D.S. Aspectos mercadológicos dos sistemas de produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; PEDREIRA, C.G.S.; FARIA, V.P.de (Ed.) Simpósio sobre manejo da pastagem, 19., 2002. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p.217-231.

BURTON, G.W.; HOOK, J.E.; BUTLER, J.L.; HELLWING, R.E. Effect of temperature, daylength and solar radiation on production of Coastal bermudagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.557-560, 1988.

CORSI, M.; MARTHA Jr.; G.B. Manejo de pastagens para a produção de carne e leite, In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. de (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM – MANEJO DE PASTAGENS DE TIFTON, COASTCROSS E ESTRELA, 15., 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.55-84.

CROS, M.J.; DURU, M.; GARCIA, F.; MARTIN-CLOUAIRE, R. Simulating management strategies: the rotational grazing example. **Agricultural Systems**. v.80, p.23-42, 2004.

CRUZ, P.G.; SANTOS, P.M.; PEZZOPANE, J.R.; OLIVEIRA, P.P.A.; ARAÚJO, L.C. Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim marandu com variáveis agrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.675-681, 2011.

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.

DIAS FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 30p. 2006. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241).

DONNELLY, J.R.; FREER, M.; SALMON, L.; MOORE, A.D.; SIMPSON, R.J.; DOVE, H.; BOLGER, T.P. Evolution of the GRAZPLAN decision support tools and adoption by the grazing industry in temperate Australia. **Agricultural Systems**. v.74, p.115-139, 2002.

DURU, M.; DUDROCQ, H.; FABRE, C.; FEUILLERAC, E. Modeling net herbage accumulation of an orchardgrass sward. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, p.1244-1256, 2002.

FREER, M.; MOORE, A.D.; DONNELLY, J.R. GRAZPLAN: decision support systems for Australian grazing enterprises - II, The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrassFeed DSS. **Agricultural Systems**, Essex, v.54, p.77- 126, 1997.

GIMENES, M. F. A. **Produção e produtividade animal em capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo e adubação nitrogenada**. 2010. 109p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

HODGSON, J. **Grazing management – science into practice**. New York: John Wiley., Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

IBGE. Censo Agropecuário 2006: **Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro, 2007. 146p.

KINIRY, J.R.; BURSON, B.L.; EVERS, G.W.; WILLIAMS, J.R.; SANCHEZ, H.; WADE, J. W.; FEATHERSTON, J.W.; GREENWADE, J. Coastal Bermudagrass, Bahiagrass, and Native Range Simulation at Diverse Sites in Texas. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, p.450-461, 2007.

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.

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de Brachiaria spp. sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO.** 2011. 102p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LARA, M.A.S.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J.; PEDREIRA, B.C.; MORENO, L.S.B.; ALDERMAN, P.D. Predicting growth of Panicum maximum: An adaptation of the CROPGRO-Perennial Forage model. **Agronomy Journal**, v.104, p.600-611, 2012.

LOEWER, O.J. Graze: a beef-forage model of selective grazing, In: PEART, R.M.; CURRY, R.B, (Ed. ) **Agricultural Systems Modeling and Simulation.** New York: Marcel Dekker, 1998. p.301-418.

MARSHALL, P.R.; McCALL, D.G.; JOHNS, K.L. Stockpol: a decision support model for livestock farms. In: NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 1991. Palmerston North. **Proceedings.** Palmerston, 1991, v.53, p.137-140.

MARTHA Jr.; G.B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v.110, p.173-177, 2012.

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.

MEIRELES, E.J.L.; PEREIRA, A.R.; SENTELHAS, P.C.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Calibration and test of the CROPGRO-DRY BEAN model for edaphoclimatic conditions in the savanas of central Brazil. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.723-729, 2002.

MOORE, A.D.; DONNELLY, J.R.; FREER, M. GRAZPLAN: decision support systems for Australian grazing enterprises, III, Pasture growth and soil moisture submodels and the GrassGro DSS. **Agricultural Systems**, Oxford, v.55, p.535-582, 1997.

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.

MORENO, L.S.B., MEDEIROS, H.R.; PEDREIRA, C.G.S. Estimativa de produção de forragem de grama estrela por um modelo matemático baseado na temperatura do ar e fotoperíodo (compact disc). In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 8., Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba.

OLIVEIRA, P.P.A. Recuperação e reforma de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM - PRODUÇÃO DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 24., 2007. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p.155-216.

OLTJEN, J.W.; BYWATER, A.C.; BALDWIN, R.L.; GARRET, W.N. Development of a dynamic model of beef cattle growth and composition. **Journal of Animal Science**, v.62, p.86-97, 1986.

OVERMAN, A.R.; ANGLE, E.A.; WILKINSON, S.R. Evaluation of an empirical model of Coastal bermudagrass production. **Agricultural Systems**, Oxford, v.28, p.57-66, 1988.

PARKER, W. J. Feed Planning on the farm. In: CENTRAL DISTRICTS SHEEP AND BEEF CATTLE CONFERENCE, 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: Massey University Press, v. 2, 1993. p.75-84.

PAULINO, V.T.; TEIXEIRA, E.M.L., **Sustentabilidade de pastagens - Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa**. CPG-Produção animal sustentável, Ecologia de Pastagens, IZ, APTA/SAA 2009. 16p.

PEDREIRA, B.C. ; PEDREIRA, C.G.S. ; BOOTE, K.J. ; LARA, M.A.S. ; ALDERMAN, P.D. Adapting the CROPGRO Perennial Forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops Research**, v. 120, p. 370-379, 2011.

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.

RYMPH, S.J.; BOOTE, K.J.; IRMAK, A.; MISLEVY, P.; EVERS, D.G.W. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: Developing physiological parameters. **Soil Crop Science Proceedings**, Gainesville, v.63, p.37-51, 2004.

SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.; VALADARES FILHO, S.C.; OLTJEN, J.W. Growth patterns of Nellore vs British beef cattle breeds assessed using a dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; GERRITS, W.J.J.; FRANCE, J. (Ed.), **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches**. CABI, Oxfordshire. p.160-170. 2004.

SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem, In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. (Ed.) Simpósio sobre ecossistema de pastagens, 3., 1997. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62.

SILVA, S.C. da; SBRISSIA, A.F. A planta forrageira no sistema de produção. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.3-21.

SMITH, G.M., **The TAMU beef cattle production model**. College Station: Texas A&M University, 1979. 10p.

SMITH, E.M.; LOEWER, O. J. **A nonspecific crop growth model**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, p.421, 1981.

SORENSEN, C.G.; PESONEN, L.; FOUNTAS, S.; SUOMI, P.; BOCHTIS, D.; BILDSE, P.; PEDENSEN, S.M. A user-centric approach for information modeling in arable farming. **Computers and Electronics in Agriculture**. v.73, p.44-55, 2010.

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**, Brasília, v.45, n.5, p.522-529, 2010.

TURBAN, E. **Decision support and expert system: management support systems**. New York: MacMillan, 1993. 833p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell, 1994. 476p.

VELOSO, R.F.; BARIONI, L.G.; MARTHA JUNIOR, G B. **Emprego de modelos matemáticos para pesquisa e gerenciamento de sistemas integrados de lavoura e pecuária**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2003. 24p. (EMBRAPA Cerrados. Documentos, 96).

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G.; PEREIRA, A. R. Modelo para previsão de produtividade do capim elefante cv. Napier em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 75-79, 1999.

WOODWARD, S.J.R. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. **Livestock Production Science**. v.52, p.1-10, 1997.

WOODWARD, S.J.R.; LAMBERT, M.G.; LITHERLAND, A.J.; BOOM, C.J. Can a mathematical model accurately predict intake of grazing animals? Testing the Q-Graze model. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**. 61, p.4-7, 2001.