



4

RELAÇÃO AMBIENTE-PLANTA-ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS

JOHN LENON KLEIN
ANA KARINA DIAS SALMAN
RANGEL FERNANDES PACHECO
RAUL DIRCEU PAZDORA
ODILENE DE SOUZA TEIXEIRA
ELAINE COIMBRA DE SOUZA

Este capítulo aborda as interações entre o ambiente, a estrutura do pasto e os padrões de comportamento de pastejo de bovinos. Considerando que as estratégias de forrageamento adotadas pelos herbívoros, em um primeiro estágio, representam tanto uma causa quanto uma consequência da estrutura das pastagens e, em um segundo momento, refletem as características dos ambientes pastoris, busca-se compreender os fatores que influenciam essas relações. Dessa forma, o comportamento de pastoreio constitui um elemento essencial na análise e no planejamento estratégico de pecuaristas que objetivam maior resiliência nos sistemas integrados de produção agropecuária, como a integração lavoura-pecuária (ILP) e o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). A aplicação de conceitos relacionados ao consumo de pasto, à produtividade por área explorada, ao nível de bem-estar animal e ao impacto ambiental possibilita aprimorar a eficiência desses sistemas produtivos.

4.1 Relação entre a estrutura do pasto e o consumo alimentar dos ruminantes

O consumo voluntário corresponde à quantidade de matéria seca (MS) ingerida pelo animal ao longo de 24 horas, expresso em quilogramas de MS por dia (kg/d) ou em porcentagem do peso vivo metabólico (Nascimento et al., 2009). Essa variável é um fator determinante para a produção animal, uma vez que está diretamente relacionada ao desempenho dos indivíduos (Alves et al., 2001; Benvenuti et al., 2006). Nesse sentido, compreender os mecanismos que regulam o consumo alimentar permite a adoção de práticas zootécnicas mais eficientes, com o objetivo de otimizar a produção de carne e leite. Segundo Mertens (1994), a regulação do consumo ocorre em função de múltiplos fatores, os quais podem ser classificados em: i) psicogênicos, relacionados ao comportamento do animal; ii) fisiológicos, associados à densidade energética da dieta; e iii) físicos, referentes à capacidade volumétrica do rúmen.

O sucesso no consumo de pasto pelos animais depende de fatores como a produção de biomassa do capim, a digestibilidade e a composição das espécies forrageiras predominantes na pastagem (Krahl et al., 2017), uma vez que essas características influenciam diretamente a ingestão alimentar. Nesse contexto, Carvalho et al. (2019) destacam que a ingestão de forragem

abaixo do necessário para atender às exigências do animal está, em grande parte, associada ao tempo de pastejo. Para o animal consumir a quantidade necessária no período disponível, seria necessário aumentar a taxa de ingestão. No entanto, os alimentos fibrosos, que constituem a principal fonte alimentar para ruminantes no Brasil, apresentam menor degradabilidade em comparação aos grãos e, conseqüentemente, menor taxa de ingestão. Como permanecem por mais tempo no trato gastrointestinal, esses alimentos reduzem a capacidade do animal de aumentar a taxa de ingestão, dificultando o atendimento de suas exigências nutricionais.

Além disso, a relação folha: colmo do pasto influencia diretamente o consumo pelos animais. Pastagens com menor proporção de folhas em relação ao colmo comprometem a ingestão, tornando essa relação um importante indicador da qualidade do pasto. Nessas condições, observa-se um aumento no deslocamento do animal na área de pastejo e uma redução tanto na profundidade quanto na massa do bocado, impactando negativamente o consumo alimentar (Benvenuti et al., 2006).

Diante da importância da participação das folhas nas plantas forrageiras, é essencial destacar os fatores que influenciam seu aparecimento e desaparecimento, os quais podem ser modulados pelo manejo adotado. Entre esses fatores, incluem-se o ciclo de vida da planta, a altura de pastejo, a massa de forragem, a taxa de lotação, a pressão de pastejo, o sistema de lotação, a oferta de forragem e a competição por luminosidade. Assim, o manejo adequado desses elementos pode maximizar o consumo e favorecer o desempenho dos animais. A Figura 4.1 sintetiza os fatores que influenciam o consumo, sendo estes dependentes tanto dos animais quanto da estrutura do pasto.

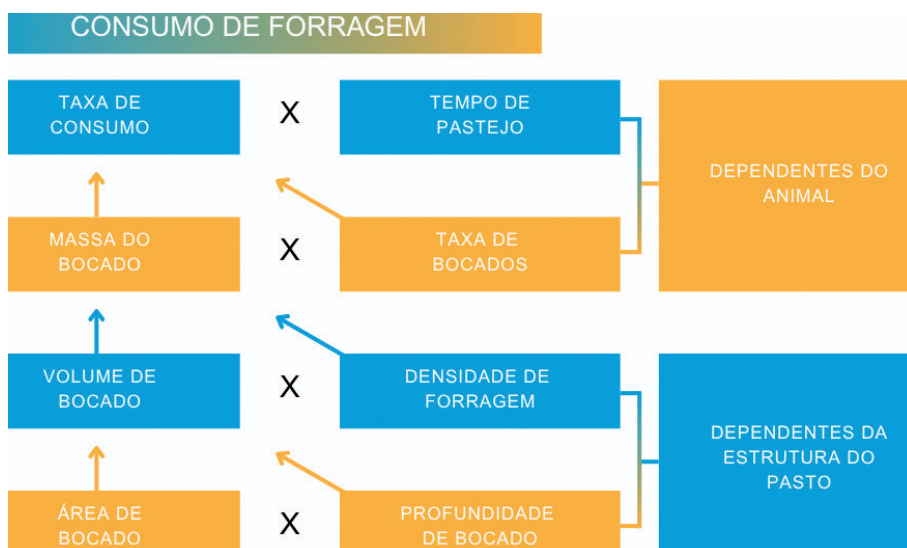


Figura 4.1. Fatores que interferem no consumo e que são dependentes dos animais e da estrutura do pasto.

Fonte: Danés (2013).

4.2 Relação entre a estrutura do pasto e o manejo da pastagem

O conhecimento do ciclo de vida das plantas, que abrange as fases vegetativa, reprodutiva e senescente, possibilita a adoção de estratégias para retardar a transição para o estágio reprodutivo, fase em que ocorre a redução da taxa de crescimento e da relação folha: colmo disponível para o pastejo. O manejo adequado visa manter a estrutura do pasto constante, o que pode ser alcançado por meio do controle da taxa de lotação e da pressão de pastejo. Esses fatores exercem influência direta sobre o crescimento, a altura das plantas e a massa de forragem disponível na pastagem, afetando, consequentemente, os processos fisiológicos da planta (Bircham; Hodgson, 1983), conforme ilustrado na Figura 4.2.

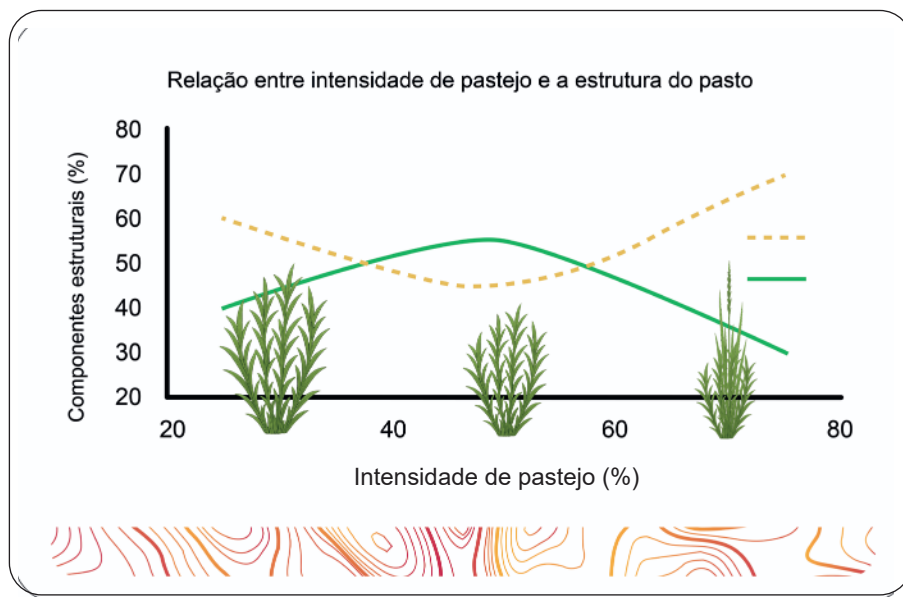


Figura 4.2. Efeito da intensidade de pastejo sobre a estrutura do dossel forrageiro.

A estrutura do pasto é fortemente influenciada pela taxa de lotação, resultado da interação entre animal, planta e solo (Carvalho et al., 2009). Nesse sentido, elevadas taxas de lotação reduzem a altura do dossel forrageiro, a massa e a oferta de forragem, fatores que impactam o comportamento de pastejo e o desempenho animal. De maneira geral, intensidades elevadas de pastejo, decorrentes de altas taxas de lotação, resultam em menor altura residual e, consequentemente, menor oferta de pasto aos animais. Nessas condições, os bovinos necessitam percorrer distâncias maiores e prolongar o tempo de pastejo para compensar a menor massa de bocado e a menor ingestão de nutrientes. Isso ocorre porque a participação de lâminas foliares é reduzida, enquanto a presença de colmos e material fibroso torna-se mais expressiva, dificultando a ingestão e a digestibilidade do pasto.

Dessa forma, estratégias de ajuste de lotação que promovam a máxima ingestão de nutrientes por unidade de tempo constituem métodos altamente eficazes e impactam diretamente as recomendações para o manejo a

campo. Uma das práticas mais utilizadas para esse ajuste consiste no manejo da altura do dossel forrageiro, no qual as pastagens são conduzidas em alturas que maximizam o acúmulo de biomassa foliar. Essa abordagem foi inicialmente modelada em estudos com pastagens temperadas, sendo proposta por Parsons e Chapman (2000) e posteriormente desenvolvida por Silva e Nascimento Junior (2007), que estabeleceram a relação entre a interceptação luminosa (IL) e o acúmulo de biomassa. Segundo esses autores, a IL de 95% representa o critério ideal de manejo, pois, a partir desse ponto, a taxa de acúmulo de folhas se estabiliza ou diminui, enquanto o acúmulo de colmos e material senescente aumenta. Além disso, ao atingir 95% de IL, o perfilho atinge sua máxima eficiência fotossintética na conversão de CO₂ atmosférico em carboidratos solúveis e/ou estruturais, tornando essa referência um importante parâmetro para a correlação com a altura do dossel forrageiro.

Assim, os métodos de pastoreio devem priorizar a manutenção da estrutura do pasto antes do máximo acúmulo de biomassa, sendo esse indicado por uma IL de 95%. Além disso, outras linhas de pesquisa sugerem que a altura ideal para a manutenção das pastagens esteja próxima a 90% de IL (Schons et al., 2021). Essa hipótese fundamenta-se na premissa de que alturas em torno desse valor permitiriam a máxima velocidade de ingestão de pasto pelos animais e, conseqüentemente, favoreceriam o desempenho animal. Embora essa abordagem ainda seja pouco estudada, visto que o manejo de pastagens tem historicamente se concentrado na planta, em detrimento da resposta e do comportamento animal, as evidências indicam que a manutenção das pastagens em faixas de altura específicas, independentemente do método de pastejo adotado (rotacionado ou contínuo), deve ser observada antes que ocorra o máximo acúmulo de forragem.

Essa teoria fundamentou a recomendação de alturas máximas para o manejo de pastagens em diversas espécies forrageiras tropicais, tais como *Panicum maximum* cv. Mombaça (Palhano et al., 2006), cv. Aruana (Zanini et al., 2012), cv. Tanzânia (Zanini et al., 2011) e *Sorghum bicolor* (Fonseca et al., 2012). A altura mínima de rebaixamento do pasto, seja em métodos de pastoreio rotacionado ou contínuo, constitui, atualmente, uma das variáveis mais sensíveis a serem analisadas, gerando diversos debates científicos. Nesse contexto, considera-

se que o principal fator limitante à produção animal a pasto não está nos atributos químicos da forragem (digestão), mas na capacidade de captura do pasto (ingestão). Como consequência, a ingestão de forragem é condicionada ao tempo disponível para aquisição, sendo os custos do processo de pastejo expressos na unidade de tempo, conforme discutido anteriormente e descrito por Carvalho (2013). Dessa forma, o ponto ideal de manutenção ou de entrada dos animais nas pastagens deve ser definido com base na estrutura do pasto que maximize a velocidade de ingestão (Figura 4.3).

O modelo proposto por Carvalho (2013), aplicável a diversas espécies forrageiras tropicais, demonstra que a ingestão de forragem se mantém constante até aproximadamente 40% de redução da altura ótima (IL = 95%). A partir desse ponto, verifica-se um decréscimo linear nas taxas de ingestão à medida que a altura do pasto diminui. Esse ponto de interrupção da capacidade de ingestão tem sido identificado em diferentes espécies forrageiras e se consolidado como um critério consistente para a definição da estrutura residual das pastagens em métodos rotacionados ou da altura mínima em métodos de pastoreio contínuo.

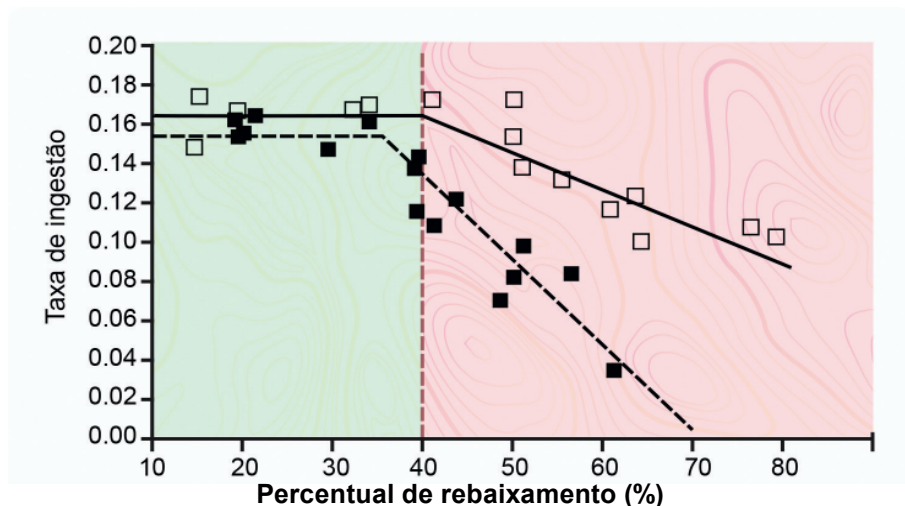


Figura 4.3. Taxa de ingestão (g MS/minuto/kg PV) no decorrer do rebaixamento do pasto a partir da altura de entrada em sorgo forrageiro (pontos vazios) e Tifton (pontos cheios).

Fonte: Adaptado de Carvalho (2013).

Além de contribuir para o aumento da ingestão de nutrientes, o ajuste da lotação, que mantém as alturas do dossel próximas ao máximo acúmulo de biomassa foliar, favorece a rebrota e a longevidade das plantas por meio da otimização do enraizamento (Figura 4.4) (Volk; Trindade, 2020). Isso ocorre porque, em sistemas com taxa de lotação adequada, os animais apresentam maior eficiência na coleta do pasto, visto que a estrutura forrageira estável e a presença de uma quantidade adequada de lâminas foliares favorecem a formação do bocado e, conseqüentemente, maximizam a ingestão de matéria seca de qualidade.



Figura 4.4. Efeito da intensidade de desfolha sobre a densidade de raízes das plantas forrageiras.

Fonte: Adaptado de Volk e Trindade (2020).

4.3 Relação entre a estrutura do pasto e o comportamento em pastejo

Outra variável de interesse nos métodos de pastoreio é a oferta de forragem (OF), cujo objetivo é garantir a possibilidade de seleção do pasto pelos animais, sendo caracterizada como a quantidade de matéria seca (MS)

disponível para cada 100 kg de peso corporal presente no pasto. Nesse contexto, um estudo realizado em pastagem natural no Bioma Pampa, comparando ofertas de forragem variando entre 4% e 12%, constatou que os deslocamentos dos animais oscilaram entre 1,70 km e 3,12 km em busca de alimento (Genro; Nabinger, 2009) (Figura 4.5). Esse comportamento está associado à menor massa de bocado, ou seja, à redução da eficiência na captura do pasto em situações de baixa disponibilidade forrageira, o que resulta em um aumento do gasto energético de manutenção dos animais. Esse aumento pode variar entre 8% e 30%, dependendo da extensão dos deslocamentos dos animais na pastagem durante a busca e apreensão do alimento (Di Marco; Aello, 2001). No mesmo estudo, verificou-se que os animais dedicaram entre 8 e 11 horas diárias ao pastejo, variação atribuída às modificações estruturais do pasto, especialmente à relação folha:colmo, além da massa e da oferta de forragem. Esses fatores podem alterar as características bromatológicas da pastagem e comprometer o padrão de pastejo dos animais.

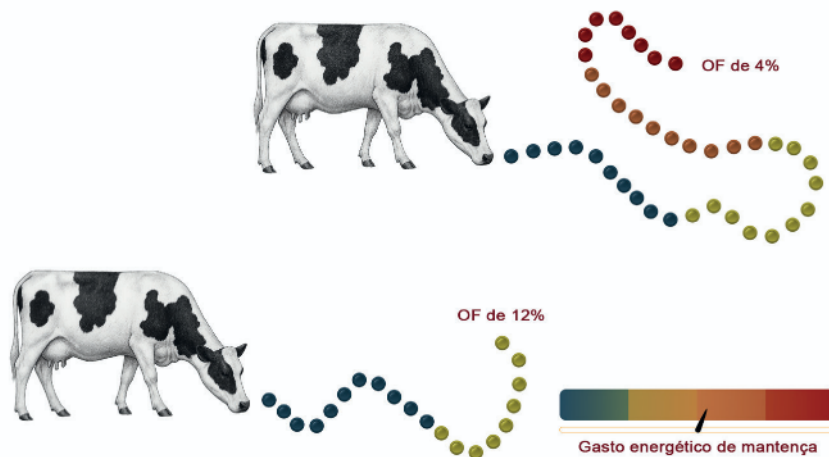


Figura 4.5. Esquema ilustrativo do efeito da oferta de forragem (OF) de 4% ou 12% sobre o padrão de deslocamento dos animais em pastejo e no gasto energético durante essa atividade.

Fonte: Adaptado de Genro e Nabinger (2009).

A massa de forragem (MF) apresenta uma relação inversa com a distância percorrida pelos animais na pastagem ($R^2 = 0,95$), ou seja, quanto menor a disponibilidade de MF, maior será o deslocamento dos indivíduos em busca de alimento, conforme descrito na equação proposta por Genro e Nabinger (2009): $Y = -0,0009X + 4,0369$, em que Y representa a variável dependente (distância percorrida na pastagem) e X corresponde à massa de forragem disponível no piquete. Esse conceito complementa as discussões anteriores sobre a altura de manejo das pastagens, pois, à medida que a altura do pasto é reduzida, ocorre uma diminuição proporcional na oferta de forragem e, conseqüentemente, na eficiência de colheita. Essa condição leva os animais a adotar estratégias alternativas de forrageamento, como o aumento da taxa de bocado e do deslocamento em busca de alimento.

Na análise das pastagens, verifica-se que, quando mantidas em alturas muito baixas e com reduzida área foliar, há um prolongamento no tempo necessário para o acúmulo de biomassa, pois a planta apresenta um menor percentual de folhas remanescentes capazes de realizar fotossíntese. Taiz et al. (2017) ressaltam que o aparecimento de novas folhas ocorre por meio da atividade dos meristemas apicais e das gemas axilares remanescentes pós-pastejo, sendo seu crescimento determinado pelo alongamento e pela emergência de folhas novas, responsáveis pela recomposição da área fotossinteticamente ativa. Em síntese, o uso de pastagens com altura reduzida em sistemas de produção pode acarretar prejuízos econômicos, uma vez que compromete a eficiência de colheita por parte dos animais (g MS/minuto/kg PV) e reduz o acúmulo de biomassa nas pastagens.

Além de influenciar diretamente as taxas de crescimento do pasto, a estrutura residual exerce impactos significativos sobre o comportamento de pastejo dos animais. Assim como lotações elevadas reduzem a oferta de forragem e a massa dos bocados, lotações baixas resultam em pastagens altas, com maior proporção de colmos e material senescente (Figura 4.4). Esses fatores dificultam a formação de bocados volumosos e reduzem a velocidade de apreensão do pasto pelos animais. Nessas condições, os bovinos tendem a percorrer maiores distâncias em busca de alimento, principalmente em pastagens com elevada proporção de colmos ou menor relação folha:colmo (Rodrigues et al., 2019).

A estrutura do pasto é influenciada por diversos fatores que, por sua vez, interferem no processo de pastejo e na ingestão de nutrientes pelos ruminantes (Carvalho et al., 2009). Dessa forma, os aspectos de manejo do pasto, que podem ser ajustados pelo gestor rural e que foram discutidos anteriormente, tais como método de lotação, taxa de lotação, altura da pastagem, massa e oferta de forragem, atuam de maneira interdependente no ecossistema produtivo. Assim, esses fatores devem ser analisados de forma sistêmica, e não isoladamente (Figura 4.6). Nesse contexto, a estrutura da planta responde diretamente às decisões de manejo adotadas pelo produtor.

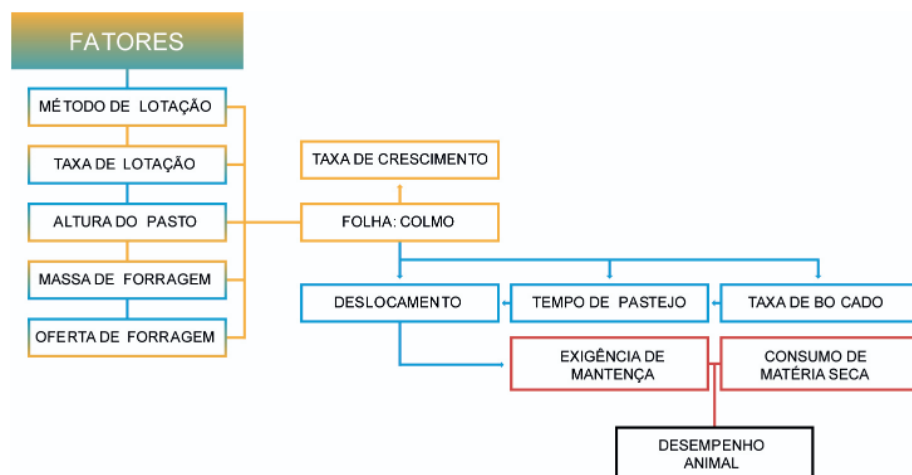


Figura 4.6. Relação entre manejo do pasto, estrutura da planta e sua influência sobre as características comportamentais de captura e ingestão de forragem por ruminantes.

4.4 Efeito do sombreamento sobre a estrutura do pasto e o comportamento animal

A adoção de sistemas integrados influencia diretamente o crescimento vegetal, especialmente no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), devido à maior competição por luz entre as plantas arbóreas e forrageiras. Nesse contexto, destacam-se os efeitos da sombra projetada pela copa das árvores e sua interferência na interceptação luminosa da pastagem, resultando em alterações nas características morfofisiológicas das plantas (Geremia et al., 2018). Entre as principais mudanças observadas nas forrageiras, destaca-se a redução na produção de biomassa, especialmente em gramíneas do tipo C4 (Pezzopane et al., 2020). Esse efeito ocorre porque o sombreamento reduz a radiação solar disponível para a fotossíntese, processo fundamental para a produção de biomassa. Quando a transmissão de luz cai abaixo de 50%, há uma diminuição no acúmulo de folhas e colmos, impactando diretamente a produtividade das pastagens. No entanto, quando o espaçamento entre as árvores é planejado de maneira a permitir maior penetração de luz, é possível mitigar esses efeitos negativos, garantindo níveis produtivos de biomassa semelhantes aos observados em sistemas sem árvores (Silva et al., 2021), além de favorecer a melhoria do microclima da pastagem para os animais de produção.

Por outro lado, sistemas sem árvores, como os sistemas intensivos tradicionais, apresentam uma produção de pastagem mais previsível, com maior acúmulo de biomassa, uma vez que não enfrentam desafios relacionados ao sombreamento. No entanto, esses sistemas não se beneficiam dos efeitos positivos do sombreamento moderado, como o aumento da qualidade nutricional das forragens. Nesse sentido, Pezzopane et al. (2020) avaliaram cinco sistemas de produção de bovinos de corte: i) lotação contínua extensiva (*Urochloa decumbens*); ii) lotação rotacionada em sistema intensivo (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã); iii) lotação rotacionada em sistema lavoura-pecuária; iv) lotação rotacionada em sistema pecuária-floresta; e v) lotação rotacionada em sistema lavoura-pecuária-floresta. Os resultados indicaram que as pastagens sob efeito do sombreamento apresentaram maior concentração de proteína bruta e melhor digestibilidade, devido à adaptação das plantas à menor disponibilidade de luz, o que levou ao aumento da área foliar e da concentração de clorofila.

Além de melhorar a estrutura do pasto e, conseqüentemente, a composição proteica da forragem, o sombreamento também desempenha um papel essencial no conforto térmico dos animais, reduzindo o estresse calórico em regiões tropicais. Dessa forma, embora os sistemas sem árvores apresentem vantagem em termos de produtividade de biomassa, os sistemas integrados com árvores podem proporcionar uma qualidade nutricional superior, além de benefícios ambientais e para o bem-estar animal. Esses fatores ressaltam a importância do manejo adequado do espaçamento e da densidade arbórea nos sistemas integrados com floresta.

O manejo do espaçamento e da densidade das árvores na pastagem é um fator determinante para o sucesso dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Os produtores devem atentar-se a essa variável, pois ela influencia diretamente a quantidade de luz que atinge as pastagens, garantindo uma produção satisfatória de forragem e auxiliando na manutenção da umidade do solo. Árvores leguminosas, como *Gliricidia* e *Mimosa*, apresentam benefícios adicionais, como a fixação biológica de nitrogênio e a melhoria do ciclo de nutrientes no solo. Além disso, estratégias de manejo da copa, como a poda seletiva de fileiras de árvores, não apenas aumentam a luminosidade e a produtividade das forragens, mas também geram fluxo de caixa para os produtores por meio da comercialização da madeira (Silva et al., 2021). Dessa forma, a exploração sustentável da madeira proporciona ganhos econômicos que tornam os sistemas produtivos integrados mais resilientes, tanto biologicamente quanto financeiramente, diante das mudanças climáticas e oscilações econômicas. Assim, esses sistemas contribuem para a redução dos impactos ambientais e garantem maior estabilidade financeira às propriedades rurais em períodos de instabilidade econômica.

Ao investigar o efeito do sombreamento sobre a estrutura das forrageiras, Cruz et al. (2021) observaram uma redução na densidade populacional de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com o aumento do nível de sombreamento, impactando negativamente a produção forrageira. Esse efeito ocorre porque o perfilhamento e a multiplicação de plantas são mecanismos essenciais para a proliferação das gramíneas, conferindo-lhes maior tolerância ao pastoreio.

Por outro lado, plantas submetidas a maior grau de sombreamento tendem a modificar sua estrutura morfofisiológica para aumentar suas chances de sobrevivência, principalmente na busca por radiação solar e nutrientes.



De modo geral, observa-se um aumento da área foliar específica (AFE) no sistema ILPF em comparação ao sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na cultivar *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (Figura 4.7). Esse resultado decorre do sombreamento promovido pelo componente florestal, que induz o alongamento dos colmos e das lâminas foliares, permitindo que as plantas alcancem maior luminosidade e maximizem os processos fotossintéticos. De acordo com pesquisas desenvolvidas por Gobbi et al. (2011), as plantas submetidas ao sombreamento direcionam uma proporção relativamente maior de fotoassimilados para o crescimento da área foliar, a fim de otimizar a captação da luz disponível.

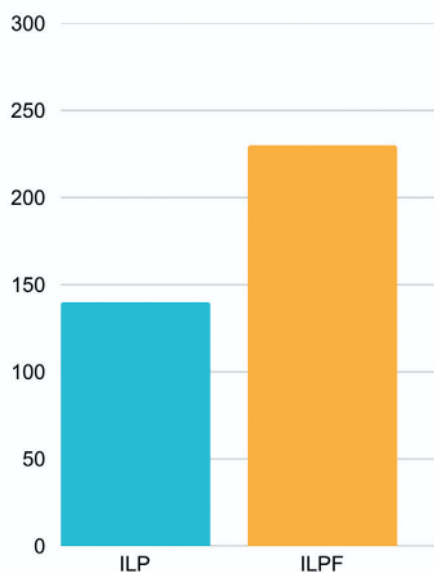


Figura 4.7. Área foliar específica da pastagem de capim-xaraés * $p < 0.05$. ILP: integração lavoura-pecuária; ILPF: integração lavoura-pecuária-floresta.

De maneira semelhante, Silva (2019) e Souza (2019a,b) conduziram experimentos na Embrapa-RO e avaliaram o efeito do sombreamento do capim-xaraés sobre a densidade e a disponibilidade de matéria seca (MS) para os animais (Tabela 4.1). Os autores atribuíram a redução da densidade de plantas no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) à maior competição por luminosidade com o componente florestal, fator que reduz o

número de perfilhos vivos na pastagem e, conseqüentemente, pode impactar negativamente as taxas de lotação por hectare. Em um estudo bibliográfico, Santos et al. (2020) analisaram os efeitos típicos do sombreamento das pastagens em sistemas ILPF sobre a estrutura das plantas forrageiras (Tabela 4.1). De modo geral, o aumento do sombreamento, especialmente quando a interceptação solar ultrapassa 40% a 50% da luz incidente, pode resultar em maior mortalidade de perfilhos na pastagem, além de induzir o alongamento excessivo das folhas e dos colmos das plantas forrageiras, fator que pode alterar a composição bromatológica do pasto.

Tabela 4.1 Características agrônômicas, bromatológicas e nutricionais do capim-xaraés em sistemas de integração.

Variáveis	ILP	ILPF
Dossel Forrageiro		
Disponibilidade (kg MS/100 kg PV)	41,90	32,30
Densidade (kg MS/ha/cm)	68,30	55,90
Altura (cm)	76,60	97,00
<i>Composição Bromatológica</i>		
MS (%)	30,60	25,90
PB (% MS)	9,50	12,50
FDN (% MS)	59,90	60,20
FDA (% MS)	27,53	28,89
CT (% MS)	84,14	79,77
CNF (% MS)	24,23	19,53
NDT (% MS)	70,49	68,10
DIVMS (%)	75,64	72,83
Degradabilidade <i>in situ</i> da PB		
Fração Solúvel	37,38 A	20,99 B
Fração Potencialmente degradável	28,77 B	50,77 A
Degradabilidade Potencial (%)	65,40 B	68,92 A

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CT: Carboidratos Totais; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; DIVMS: Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca; ILP: Integração Lavoura-Pecuária; ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

Fonte: Silva (2019); Souza (2019a,b); Salman et al. (2023).

Embora a introdução do componente florestal e a consequente interceptação luminosa reduzam a densidade de plantas e a produção total de massa seca, a maior competição por luz no ILPF pode favorecer o alongamento das plantas e o aumento da área foliar. Esse fator pode influenciar positivamente a composição bromatológica da forragem e favorecer o consumo de pasto pelos animais. Em relação às características nutricionais, Silva (2019) e Souza (2019a,b) observaram um aumento nos teores de proteína bruta (PB) do capim-xaraés sombreado (Tabela 4.2). Além disso, a PB da pastagem inserida no sistema sombreado apresentou maior fração potencialmente degradável, resultando em um aumento do potencial de degradação ruminal, característica essencial para a manutenção da microbiota ruminal fermentadora de fibras.

Tabela 4.2 Efeitos do nível de sombreamento na composição estrutural das pastagens tropicais.

Espécie	Sombra (%)	Efeito	Referência
<i>Brachiaria decumbens</i>	29–60	Redução da biomassa da raiz.	Paciullo et al. (2010)
<i>Brachiaria decumbens</i>	54	Maior alongamento de folhas e colmos; Redução de perfilhos.	Paciullo et al. (2011)
<i>Axonopus catharinensis</i>	25–52	Maior alongamento de folhas.	Baldissera et al. (2016)
<i>Panicum maximun</i>	37–58	Morte de perfilhos. Alongamento de folhas e colmos.	Paciullo et al. (2016)
<i>Brachiaria brizantha</i>	51	Redução da massa de forragem.	Crestani et al. (2017)
<i>Panicum virgatum</i>	49	Redução do IAF e da massa de forragem.	Kimura et al. (2018)
<i>Andropogon gayanus</i>	21–46	Redução de perfilhos; Alongamento foliar.	Oliveira et al. (2020)
<i>Brachiaria brizantha</i>	8–40	Aumento do IAF e da AFE.	Gomes et al. (2020)

IAF: Índice de Área Foliar; AFE: Área Foliar Específica.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2020).

Conforme discutido anteriormente, a influência do sombreamento na estrutura das plantas forrageiras resulta, principalmente, no alongamento dos colmos e das folhas, além do aumento do índice de área foliar (Figura 4.7). Esses fatores podem impactar o crescimento, a disponibilidade e a composição bromatológica do pasto (Tabela 4.1), interferindo diretamente no comportamento de pastejo e, conseqüentemente, no consumo de matéria seca (MS) pelos animais. De maneira geral, os animais ajustam suas atividades diárias de acordo com a satisfação nutricional e a eficiência de ingestão do pasto, considerando a taxa e a massa de bocados. Dessa forma, os efeitos do sombreamento no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) exercem influência significativa sobre o comportamento ingestivo dos animais, conforme demonstrado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Comportamento ingestivo de novilhas Girolando mantidas em capim-xaraés em sistemas integrados de produção agropecuária.

Variáveis	ILP	ILPF
<i>Comportamento em pastejo</i>		
Tempo ruminação diurno (min.)	237,00	301,16
Tempo ruminação noturno (min.)	648,50	670,16
Tempo descanso diurno (min.)	490,62	497,5
Tempo descanso noturno (min.)	446,87	485,64
Tempo pastejo diurno (min.)	436,88 B	581,35 A
Tempo pastejo noturno (min.)	228,00	238,06
Tempo ingerindo água diurno (min)	10,25 A	4,87 B
Tempo ingerindo água noturno (min)	1,50	1,37
<i>Comportamento Ingestivo</i>		
Consumo MS pasto (kg/dia)	9,66	8,44
Consumo MS pasto (% PV)	3,12	2,68
Taxa de bocado (bocado/minuto)	23,57 B	28,52 A
Total de bocados (n/dia)	9.124,44 B	12.304 A
Massa de bocado (g MS/dia)	1,11 A	0,7 B
<i>Desempenho animal</i>		
Ganho de peso diário (kg/dia)	0,721 B	0,982 A

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. MS: Matéria Seca; ILP: Integração Lavoura-Pecuária; ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

Fonte: Adaptado de Veit (2016); Silva (2019); Souza (2019a,b).

Nos estudos conduzidos por Silva (2019) e Souza (2019a,b), verificou-se um aumento na taxa de bocados e uma redução na massa de bocados dos animais submetidos ao sistema ILPF, quando comparados aos mantidos em sistemas integrados sem o componente florestal. Apesar de os animais no ILPF terem apresentado um tempo adicional médio de 154 minutos de pastejo diário, observou-se uma redução significativa no consumo de MS nesse sistema, conforme demonstrado na Tabela 4.3. De modo geral, esses padrões de comportamento de pastejo estão fortemente associados à menor densidade de plantas e à consequente redução na disponibilidade de pasto (Tabela 4.1). Essa característica das pastagens leva a um maior deslocamento dos animais (Figura 4.5), ao mesmo tempo que reduz a seletividade do material ingerido.

Embora tenha reduzido a ingestão de forragem, o componente florestal proporcionou um incremento no ganho de peso diário dos animais (0,982 vs. 0,721 kg/dia), conforme apresentado na Tabela 4.3, resultando, assim, em melhor conversão alimentar no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). O melhor desempenho desses animais está associado à melhoria do microclima e ao maior conforto térmico proporcionado pelo sombreamento. Silva (2019) e Souza (2019a,b) associaram o maior conforto térmico desses animais ao aumento do tempo de pastejo durante o período diurno (581,35 vs. 436,88 minutos), considerado o mais estressante do dia.

Outro fator comportamental relevante que evidencia a melhoria das condições ambientais dos animais sombreados é o menor tempo despendido na ingestão de água (Tabela 4.3), sugerindo uma redução no consumo hídrico. De maneira geral, o menor estresse térmico dos animais mantidos em sistemas sombreados pode estar relacionado a menores exigências energéticas de manutenção, uma vez que os gastos energéticos com termorregulação são reduzidos.

A discussão sobre o consumo de água nos sistemas de produção destaca a relevância da adoção de sistemas sombreados, seja por meio do componente florestal ou do uso de sombras artificiais, como estratégias produtivas alinhadas à preservação ambiental. Essa abordagem está em conformidade com uma visão sustentável que busca minimizar a “pegada

hídrica” nos sistemas de produção animal. De acordo com Edwards-Callaway et al. (2021), o sombreamento reduz a carga térmica na pastagem, o que, consequentemente, diminui o consumo de água pelos animais devido à redução das perdas por evapotranspiração. Novelli et al. (2022) testaram os efeitos do sombreamento artificial para bovinos confinados e constataram que o consumo de água foi reduzido em aproximadamente 9% quando havia sombra nas baias. Os autores complementam que o maior conforto térmico no ambiente sombreado resultou em maiores pesos de carcaça, fator que contribui para a redução da pegada hídrica por quilograma de peso animal produzido.

Adicionalmente, a produção animal moderna tem buscado alternativas sustentáveis que priorizem a economicidade dos recursos naturais, seja por meio de sistemas integrados com floresta ou pela adoção de técnicas de manejo que promovam maior equilíbrio ambiental, econômico e social. Essas estratégias reforçam a imagem sustentável do produto final destinado ao consumidor. Nesse contexto, o ILPF se destaca como um sistema produtivo altamente promissor, especialmente em regiões ambientalmente mais vulneráveis (Palhares et al., 2021). A Figura 4.8 ilustra as inter-relações entre planta e animal em um sistema ILPF e suas implicações sobre o conforto térmico e a pegada hídrica.

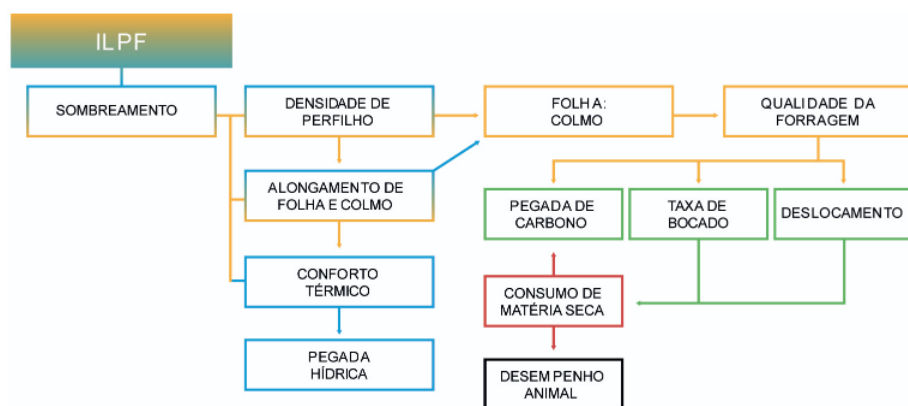


Figura 4.8. Inter-relação dos fatores animal-planta em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

Vale destacar, entretanto, que, apesar da ênfase dada neste subcapítulo ao sistema sombreado ILPF e às suas relações com a estrutura do pasto e o desempenho animal, a introdução da integração lavoura-pecuária (ILP) nas propriedades rurais tem se mostrado uma estratégia promissora e eficiente. Esse sistema contribui para a melhoria da qualidade do solo, a ciclagem de nutrientes e o controle de pragas e doenças, resultando no incremento da produção agrícola e animal em áreas integradas. Dessa forma, a adoção de sistemas integrados, com ou sem o componente florestal, oferece múltiplas vantagens ao produtor, além de reduzir impactos ambientais. De maneira geral, tanto a ILP quanto a ILPF promovem alterações no perfil e na qualidade do solo, na estrutura física e química das plantas, no microclima da pastagem e no comportamento de pastejo dos animais, fatores diretamente relacionados ao desempenho animal em sistemas pastoris.

Considerações finais

A composição estrutural das plantas é fortemente influenciada pelas técnicas de manejo pastoril e pelo sistema produtivo no qual estão inseridas. Essas alterações morfogênicas indicam mudanças no comportamento de pastejo dos animais, que ajustam suas estratégias para atender às exigências diárias de nutrientes. Esse processo impacta diretamente o consumo de matéria seca e o desempenho dos indivíduos em sistemas pastoris. A manutenção de uma oferta adequada de forragem melhora a relação folha:colmo do pasto, reduz o deslocamento dos animais na pastagem e maximiza a ingestão de forragem por meio de bocados mais volumosos e seletivos.

Por fim, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, quando manejado de maneira eficiente, com controle adequado do grau de sombreamento e minimização dos impactos do componente florestal sobre as plantas forrageiras, apresenta grande potencial para otimizar a produção animal sustentável a pasto. Esse modelo produtivo equilibra o uso eficiente dos recursos naturais e a maximização da produtividade, tornando as propriedades rurais mais diversificadas e economicamente resilientes.

Referências

- ALVES, A. A.; SALLES, R. O.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; AZEVÊDO, A. R. Fatores que interferem no consumo de alimento pelos ruminantes: Uma revisão. **Revista Científica Produção Animal**, v. 3, n. 2, p. 62-72, 2001.
- BALDISSERA, T. C.; PONTES, L. S.; GIOSTRI, A. F.; BARRO, R. S.; LUSTOSA, S. B. C.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.
- BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P. The effect of density and physical properties of grass stems on the foraging behavior and instantaneous intake rate by cattle grazing artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, v. 61, n. 1, p. 272-281, 2006.
- BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v. 38, n.1, p. 323-331, 1983.
- CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.1, p. 109-122, 2009.
- CARVALHO, P. C. de F. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management?. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 1, n. 2, p. 137-155, 2013.
- CARVALHO, P. C.; PRATES, F. A. P.; MOOJEN, F. G.; SZYMCAK, L.; ALBUQUERQUE, P. A.; NETO, G. F. S.; SAVIAN, J. V.; ELOY, L.; MORAES, A.; BREMM, C. Métodos de pastoreio: uma perspectiva alternativa a décadas de debate e pouco avanço conceitual In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE ANIMALA PASTO, 5., Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Nova Sthampa, 2019.
- CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; GEREMIA, E. V.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; SILVA, S. C. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop-livestock-forest integration area. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 9, p. 859-871, 2017.
- CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; SOUZA, B. M. L.; DIAS, D. L. S.; BONOMO, P.; RAMOS, B. L. P.; SACRAMENTO, M. R. S. V. Fatores que afetam as características morfológicas de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021.

DANÉS, M. A. C. **Importância do manejo do pastejo para produção de leite a pasto** - Parte 1: interação planta x animal. Milkpoint, 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/marina-danes/importancia-do-manejo-do-pastejo-para-producao-de-leite-a-pasto-parte-1-interacao-planta-x-animal-83641n.aspx>. Acesso em: 05 set. 2024.

DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S. Gasto de energia de apreensão de forragem e do caminhar de bovinos em pastejo. **Arquivos Brasileiros de medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 1, p. 105-110, 2001.

EDWARDS-CALLAWAY, L. N.; CRAME, M. C.; CADERET, C. N.; BIGLER, E. J.; ENGLE, T. E.; WAGNER, J. J.; CLARK, D. L. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 2, p. 1-20, 2021.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C.; BREMM, C.; FILHO, R. S. A., GONDA, H. L. CARVALHO, P. C. F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, v. 145, p. 205-211, 2012.

GENRO, T. C. M.; NABINGER, C. **Considerações para uso sustentável da pastagem natural com diferentes intensidades de uso**. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, 2009, p. 20.

GEREMIA, E. V.; CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; NETO, A. F. G.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMES, F. J.; PEDREIRA, B. C.; SANTOS, P. M.; BOSI, C.; LULU, J.; PEDREIRA, C. G. S. Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisadegrass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, 126029, 2020.

KRAHL, G.; DURIGON, A.; CORREA, M. A. Comportamento ingestivo e taxa de consumo instantâneo de vacas leiteiras sob diferentes ofertas e estruturas de pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*). **Unoesc & Ciência**, v. 8, n. 2, p. 125-132, 2017.

KIMURA, E.; FRANSEN, S. C.; COLLINS, H. P.; STANTON, B. J.; HIMES, A.; SMITH, J.; GUY, S. O.; JOHNSTON, W. J. Effect of intercropping hybrid poplar and switchgrass on biomass yield, forage quality, and land use efficiency for bioenergy production. **Biomass and Bioenergy**, v. 111, p. 31-38, 2018.

MERTENS, E. R. Regulation of forage intake. In: GEORGE, C.; FAHEY, J. R. (ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization (forage quality)**. Lincoln: University of Nebraska, 1994, p. 450-493.

NASCIMENTO, M. L.; FARJALLA, Y. B.; NASCIMENTO, J. L. Consumo voluntário de bovinos - Bovines voluntary intake. **Revista electronica de Veterinaria**, v. 10, n. 10, 2009.

NOVELLI, T. I.; BIUM, B.F.; BIFFI, C. H. C.; PICHARILLO, M. E.; SOUZA, N. S.; MEDEIROS, S. R.; PALHARES, J. C. P.; MARTELLO, L. S. Consumption, productivity and cost: Three dimensions of water and their relationship with the supply artificial shading for beef cattle in feedlots. **Journal of Cleaner Production**, v. 376, n. 1, p. 104088, 2022.

OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, M. E.; MACÊDO, E. O.; ANDRADE, A. C.; EDVAN, R. L. Effect of shading and canopy height on pasture of *Andropogon gayanus* in silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 953-962, 2020.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; FERNANDES, P. B.; ROCHA, W. S. D.; MÜLLER, M. D.; ROSSIELLO, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 598-603, 2010.

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; SOBRINHO, F. S.; CARVALHO, C. A. B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, p. 590-600, 2016.

PALHANO, A. L.; CARVALHO, P. C. F.; DITTRICH, J. R.; MORAES, A.; SILVA, S. C.; MONTEIRO, A. L. G. Padrões de deslocamento e procura por forragem de novilhas leiteiras em pastagem de capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35 2253-2259, 2006.

PALHARES, J. C. P.; MORELLI, M.; NOVELLI, T. I. Watter, footprint of a tropical beef cattle production system: The impact of individual-animal and management. **Advances in Water resources**, v. 149, n. 1, p. 103853, 2021.

PARSONS, A. J.; CHAPMAN, D. F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINS A. (ed.). **Grass: its production and utilization**. 3rd edn. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 31-89.



PEZZOPANE, J. R.; BERNARDI, A. C. C.; AZENHA, M. V.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. F.; ESTEVES, S. N. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, e20180150, 2020.

RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; SILVA, V. S.; COLVERO, P. C. P.; SILVA, A. L.; BONA, R. A. Comportamento ingestivo de novilhas de corte em pastagem de sorgo forrageiro implantada com diferentes arranjos populacionais. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 6, p. 2025-2033, 2019.

SALMAN, A. K. D.; SILVA, F. R. F.; PORTO, M. O.; CAVALI, J. B.; SOUZA, E. C.; CARVALHO, G. A. Prediction of voluntary intake and enteric methane emission by dairy heifers in integrated systems. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 4, p. 1-16, 2023.

SANTOS, A. R. M.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020.

SCHONS, R. M. T.; LACA, E. A.; SAVIAN, J. V.; MEZZALIRA, J. C.; SCHNEIDER, E. A. N.; CAETANO, L. A. M.; ZUBIETA, A. S.; BENVENUTTI, M. A.; CARVALHO, P. C. F. 'Rotatinuous' stocking: An innovation in grazing management to foster both herbage and animal production. **Livestock Science**, 245, 1044, 2021.

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, p. 121-138, 2007.

SILVA, I. G.; DUDEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; APOLINÁRIO, V. X. O.; FREITAS, E. V. Tree Canopy Management Affects Dynamics of Herbaceous Vegetation and Soil Moisture in Silvopasture Systems Using Arboreal Legumes. **Agronomy**, v. 11, p. 1509, 2021.

SILVA, F. R. F. **Componente pecuário em sistemas integrados de produção: valor nutritivo da pastagem, consumo e estimativa de emissão de metano entérico**. 2019. 40f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho.

SOUZA, E. C. **Comportamento ingestivo de bovinos Girolando manejadas em diferentes situações de pastejo em Porto Velho, Rondônia**. 2019a. 47 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho.

SOUZA, E. C.; SALMAN, A. K. D. ; CRUZ, P. G.; VEIT, H. M.; CARVALHO, G. A.; SILVA, F. R. F.; SCHMITT, E. Thermal comfort and grazing behavior of Girolando heifers in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forest (ICLF) systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, p. 46483, 2019b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 848 p.

VEIT, H. M. **Comportamento em pastejo e conforto térmico de novilhas girolando em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) e floresta (iLPF)**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho.

VOLK, L. B. S.; TRINDADE, J. P. P. **Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo**. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, 2020. 26 p.

ZANINI, G. D.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS M. E. R.; PENA, K. S.; SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2364-2373, 2011.

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana guinea-grass swards: Morphogenetic and structural characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, 2012.

